

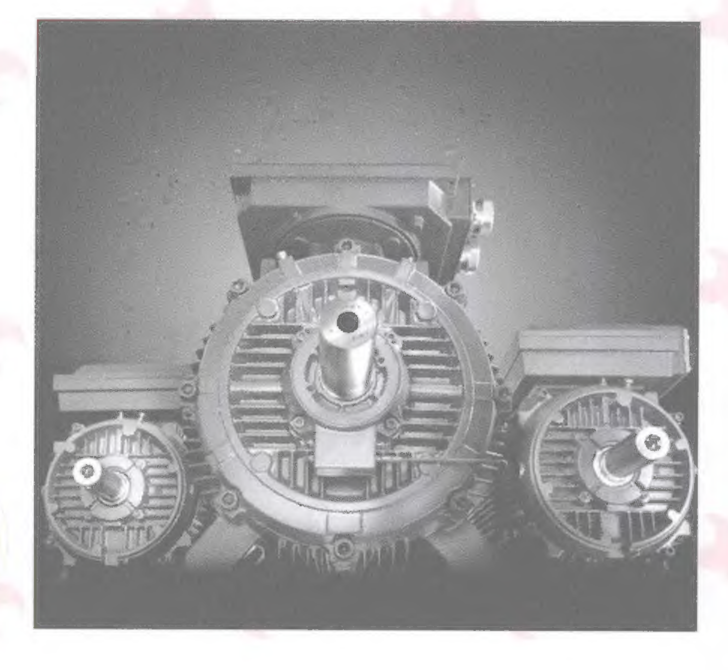
知识就是力量！技术就是财富！

初级工入门的向导
中级工进步的阶梯
高级工的必修课
技师手中的有利工具
高级技师授课的实用教材

电工高技能人才
从入门到高手系列书

电机绕组
重绕与改绕

宋家成　李祥新　郝　健　主编







电工高技能人才从入门到高手系列书

电机绕组
重绕与改绕

宋家成 李祥新 郝 健 主编

中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书以从易到难、从理论到实际操作、从初级到高级、从基础到高级复杂的编写程序编写，使读者能学习到电机绕组重绕与改绕的相关知识和技能。本书文字通俗易懂、图文并茂，有较强的直观性和可操作性，便于读者自学。

本书除介绍了电机绕组重绕与改绕的相关知识外，还特别推出了“四新”推广站与“绝技绝活”。在“四新”推广站中介绍了一些国内外近一时期才开始使用的新型电机，目的是使读者始终跟踪和学习国内或国外的新技术、新设备、新工艺和新材料。在“绝技绝活”中，介绍了老师傅在电机修理工作中总结的部分“绝技绝活”，目的是开阔读者思路，为电机的节能改造创造出更先进的工艺和技术。

本书可供从事电机绕组重绕与改绕相关工作的工人和从事电机修理工作的工人学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机绕组重绕与改绕/宋家成，李祥新，郝健主编. —北京：中国电力出版社，2009

（电工高技能人才从入门到高手系列书）

ISBN 978-7-5083-8062-9

Ⅰ.电…　Ⅱ.①宋…②李…③郝…　Ⅲ.电机-绕组-修理　Ⅳ.TM303.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第168567号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路6号　100044　http://www.cepp.com.cn）

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年3月第一版　　2009年3月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米　16开本　19.75印张　503千字

印数0001—4000册　　定价**38.00**元

《电工高技能人才从入门到高手系列书》

编　委　会

《电机绕组重绕与改绕》

编 写 组 名 单

主　　编　宋家成　李祥新　郝　健

编写人员　王志华　李好仁　占新平

　　　　　杨美峰　王　艳

主　　审　张春雷

编写说明

一、 读者对象和编写目的

本系列书主要针对：

(1) 维修电工初级、中级、高级、技师、高级技师5个级别。

(2) 常用电机检修工初级、中级、高级、技师、高级技师5个级别。

重点内容为上述两个工种国家职业标准中的实用技术部分，主要目的是让读者学到一些真正的实用技术、操作和修理技能。因为这两个工种的国家标准中，交叉内容较多，因此在编写中特别注意分配了各分册的内容，两个工种的读者在选择时，可根据自己的需要选购。

本系列书可作为：初级工入门的向导、中级工进步的阶梯、高级工的必修课、技师手中的有利工具、高级技师授课的实用教材。

二、 编写方法和内容

《电工高技能人才从入门到高手系列书》共七册，分别为：《常用电工电子器件基本知识》、《电机选用安装与故障检修》、《常用机电设备电气维修》、《电机绕组重绕与改绕》、《直流调速系统应用与维修》、《交流调速系统应用与维修》、《数控机床电气维修》。

虽然本系列书按《维修电工》和《常用电机检修工》的国家职业标准编写，但绝不是仅为应付考试而简单整理的习题和答案。而是对每一个命题都遵循从易到难、从理论到实际操作和维修技术、从初级到高级、从基础到高级复杂技术这样的顺序编写的，目的是让读者能学到真正的技术，掌握真正的技能。考虑到技术工人考工定级问题，每个命题都从低级到高级作了详细论述，只要充分理解这些内容，答案都包含在里边。

本系列书不是以工人技术等级划分，而是以命题来分册的。也就是说一个或几个相近的命题分在一册。这样的分册方法不仅有利于读者学习阅读，而且还可以节约资金。例如，在高级工技能要求中，维修电工电路测绘技术，有继电接触控制电路的测绘。而在技师技能要求中，应能够测绘具有双面印制线路的电子线路板，并绘出原理图。如果按等级分册，读者想学习电路测绘技术，就必须买两本书，而且学习的思路容易断档。而按命题分册，只要读者买一本书就可以把继电接触、单面和双面印制电路板测绘技术一气学完。这样可使学习思路不断档而且还能省钱。

为了使读者真正看懂弄通，考虑到本系列书的读者对象是工人，参与编写的大学教授、博士、工程技术人员和高级技师等人员特将高深的理论和复杂的技术用最通俗的语言写出来，使本系列书自始至终保持着通俗易懂的编写风格。

三、“四新”推广站和“绝技绝活”

部分分册在最后一章设立了“四新”推广站和“绝技绝活”。“四新”推广站主要是介绍和跟踪国内、国际最新出现的新工艺、新材料、新技术、新设备。使读者能紧跟不断发展的技术水平和知识，学习到国内、国际的“四新”技能。

"绝技绝活"主要介绍了本系列书编写人员和一些老技术工人的绝技和绝活，尽量做到一学就会，一用就灵。

《电工高技能人才从入门到高手系列书》编委会

2007 年 5 月

前言

PREFACE

本书是《电工高技能人才从入门到高手系列书》之一。读者对象是常用电机检修工初级、中级、高级工及其技师、高级技师。

本书按《国家职业标准　常用电机检修工》中有关电机绕组的基本概念、电机大修的绕线、嵌线、接线方法、浸漆烘干等修理工艺的要求编写。对电机的重绕计算、绕组的变换、电机改压、单速改双速、改变导线规范的计算，修理后的测试方法等电机修理中的常见难点和疑点，本书也都作了详细介绍。这些技术和工艺是常用电机修理工的主要工作与技能，也是考工定级的重要参考资料。

本书按从易到难、从理论到实际操作、从初级到高级、从基础到高级复杂的程序编写，目的是让读者能学到真正的技术、技能和系统的知识。为了使读者真正看懂弄通，考虑到本系列书的读者对象是工人，本书编写中非常注意文字通俗易懂、图文并茂，具有较强的直观性和可操作性，便于读者自学。

本书共分八章，包括：电机绕组基本知识、重绕材料与工具；通用三相异步电动机、三相多速异步电动机、单相异步电动机、直流电机、交、直流单相串励电动机的重绕工艺及电机浸漆烘干与试验，详细介绍了三相和单相电动机的空壳重绕计算，改变导线规范的计算和改压计算；单速电动机改变成多速电动机的方法、改绕步骤、改绕计算及改绕方案。对电机浸漆烘干与试验作了一般介绍。本书第八章推出了“四新”推广站与“绝技绝活”；在“四新”推广站中介绍了直线电动机、变频电动机和超声波电机，这些电机都是国内外近一时期才开始使用的新型电机。介绍的目的是使读者始终跟踪和学习国内或国外的新技术、新设备、新工艺和新材料。在第二节“绝技绝活”中，介绍了一位从事电机修理40多年的老师傅总结的部分绝技绝活，目的是开阔读者思路，为电机的节能改造创造出更先进的工艺和技术。

由于编者水平有限，疏漏和错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2009年1月

Contents 目录

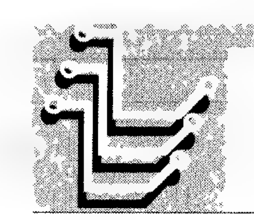
第四章　单相异步电动机绕组重绕

第五章　直流电机绕组重绕与改绕

第六章　交、直流单相串励电动机绕组重绕

第七章　电机浸漆烘干与试验

第八章　“四新”推广站与“绝技绝活”



第一章

电机绕组基本知识、重绕材料与工具

第一节　电机绕组的基本知识

一、电机绕组修理的常用符号

电机绕组修理的常用符号见表 1-1。

表 1-1　　电机绕组修理常用符号

符　号	名　　称	符　号	名　　称
A	线负载、电负载	f	频率
a	加速度、导线绝缘厚度、绕组并联路数、或支路对数	H	磁场强度
		H_j	轭部磁场强度
B	磁通密度	H_δ	气隙磁场强度
B_{ad}	电枢反应直轴磁通密度	h	高度
B_{aq}	电枢反应交轴磁通密度	I	电流有效值
B_j	轭部磁通密度	I_N	额定电流
B_m	主极极身磁通密度	I_p	电流有功分量
B_δ	气隙磁通密度	I_Q	电流无功分量
b	宽度	I_{st}	起动电流、最初起动电流
b_v（或 b_d）	通风槽密度	I_x	电抗电流
b_K	换向区域宽度	i	电流瞬时值
b_P	极靴宽度	j、J	电流密度
b_S	槽宽度、矩形槽宽度	J_C	补偿绕组电流密度
b_{SC}	补偿槽宽度	J_k	换向绕组电流密度
b_{sh}	斜槽宽度、槽斜距	J_S	串励绕组电流密度
c	电机利用系数	K	换向片数、变比
C_A	电机常数	K_C	短路比
E	电动势	K_{dp}、k_{dp}	绕组系数
E_a	电枢电动势、电枢反应电动势	K_{dpu}、k_{dpu}	v 次谐波绕组系数
E_u	u 次谐波磁场感应电动势	K_{Fe}	铁心叠装系数
E_φ	相电动势	k_i	电流比
E_0	空载电动势	k_s	磁路饱和系数
E_2	折算到定子测的转子电动势	k_u	电压比
F	磁动势、磁位降	K	耦合系数
F_a	电枢反应磁动势	L	自感
F_{ad}	电枢反应直轴磁动势	L_a	电枢电感
F_{aq}	电枢反应交轴磁动势	L_f	励磁绕组电感
F_f	励磁磁动势	L_m	主极磁路长度
F_c	补偿绕组磁动势	l_S	槽漏感

续表

符号	名称	符号	名称
l	长度	U	电压
L_c	线圈半匝平均长度	U_N	额定电压
l_{Fe}(或 l_{FEt})	定子铁心净长度	U_ψ	相电压
l_j	机座长度	V	体积
l_K	换向器长度	v	风速、线速度
l(或 l_t)	定子铁心长度	W	功、能
M	互感	W、w	绕组每相串联匝数
M(或 T)	转矩	X	电抗
m	相数、质量、数的序列、定子绕组沿槽高方向数的股线数	X_q	直轴同步电抗
N_a	电枢导线数	X_f	转子漏电抗、励磁绕组总电抗
N_b	每刷杆电刷数	X_k	堵转时等效电抗
N_v(或 N_D)	通风槽数	X_t	定子漏电抗
N_S	每槽导线数	X_q	交轴同步电抗
n	转速、数的序列	X_2	负序电抗
n_N	额定转速	Y	绕组节距
P	功率、损耗	Z	阻抗
P_{AL}	铝绕组的欧姆损耗	Z_1、z_1	定子槽数
P_{Cu}	铜绕组的欧姆损耗	Z_2、z_2	转子槽数
P_{Fe}	铁耗	a	电角度
P_{fv}	风摩损耗	γ	重率、容量增长系数
P_S	杂散损耗	γ(或 ρ)	质量密度
p	极对数	δ	气隙长度
Q	无功功率	η	效率
q	每极每相槽数	θ	温升
R	电阻	Λ	磁导
S	视在功率	λ	长径比
s	转差率	ρ	导体电阻系数
T	周期、时间常数、转矩	τ	极距
t	时间、温度	Φ、ϕ	磁通
T_k	换向周期	ψ	磁链
t_{st}	起动时间	ω(或 Ω)	角频率

二、绕组要求及分布原则

绕组是电动机的主要部件，也是电气结构的核心。运行中由于各种不利因素的影响，如过载、受潮、化学气体的腐蚀、低压运行、单相运转以及机械力或电磁力的冲击，都可能使绝缘老化，导致绕组损伤甚至烧毁。因此，电动机绕组修理的质量好坏，对整个电动机的性能有很大影响。

为了掌握绕组的修理技术，必须对电动机绕组的要求、分布原则、绕组型式、结构原理有一定的认识。

1. 对绕组的要求

(1) 三相绕组的每相绕组数相同，各相绕组的电动势和磁动势要对称，电阻和电抗要平衡。相与相之间在槽内分布间隔为120°电角度，这样的绕组为对称的三相绕组。

(2) 缩短连接部分，节约用铜，减少绕组铜耗，电阻不宜过大。

(3) 绕组的绝缘和机械强度要可靠，散热条件要好。

(4) 每相导体的电动势之和应为该相线匝和线圈的电动势。

2. 分布原则

为了提高绕组的利用率和绕组分布系数，三相绕组通常在槽内按 60°相带分布，也就是每极每相占据 60°电角度的位置。因为每极为 180°电角度，因此可分成三个相带，并根据三相间隔 120°的原则，可得到三相带在定子槽内的分配次序，例如 36 槽 4 极电动机定子槽展开图，如图 1-1 所示。

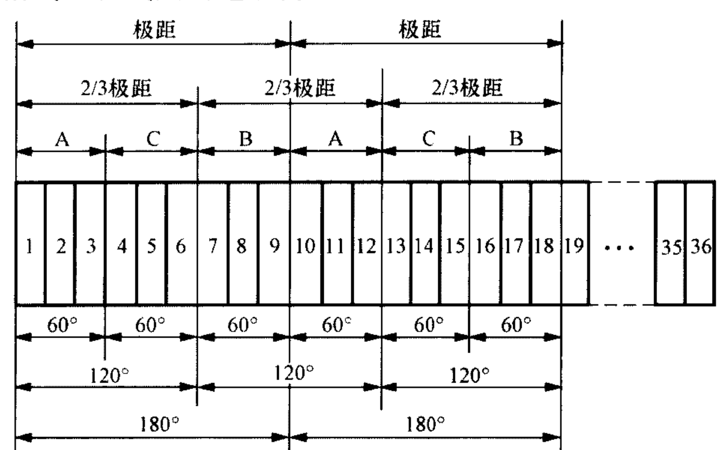


图 1-1　36 槽 4 极电动机定子槽展开图

A—B 相间隔 120°电角度；B—C 相间隔 120°电角度；C—A 相间隔 120°电角度；每极下 A 相占 60°相带，B 相占 60°，C 相占 60°

三、电动机绕组的类别

1. 集中式绕组与分布式绕组

(1) 集中式绕组。直流电动机的磁极绕组、换向极绕组与旋转磁极式同步电机的磁极绕组等都是安装在磁极铁心上的绕组。对于三相异步电动机，如果每相绕组在每个极下只占有一个槽，或者虽然占有几个槽，但所占数槽中除所占的两个槽外，中间各槽都是空槽（不嵌放绕组）的绕组形式，都是将线圈安装在一个铁心外面，这种绕组称为集中绕组。

(2) 分布式绕组。电机绕组按一定规律分布在电机铁心槽内，这种绕组称为分布式绕组。如三相异步电动机的定子绕组、直流电机的电枢绕组等。

2. 短距绕组、整距绕组与长距绕组

(1) 整距绕组。绕组的节距等于极距的绕组称为整距绕组，又称为全距绕组或满距绕组。由于整距绕组浪费材料，不利于电机的特性，所以很少采用，只有多速异步电动机为了变速的需要，在一些特殊场合，才采用这种绕组。

(2) 短距绕组。为了改善电机特性和满足电机制造的需要，有时采用节距小于极距的绕组，这样的绕组称为短距绕组。例如，一个整距绕组的节距是 1～9，如采用短距绕组一般采用节距为 1～8。

(3) 长距绕组。绕组节距大于极距的绕组叫长距绕组。例如一个电机的整距绕组是 1～9，如采用长距绕组，则应是 1～10。

四、电机绕组修理常用术语

1. 绕组元件

绕组元件也称元件或线圈。在电动机制造或修理时，一般都是先用绕线模绕制成线圈，然后按一定规律，将线圈一个一个地嵌入电机槽中，便成了绕组。绕组元件可能由一匝导线绕成，也可能是多匝导线绕成，如图 1-2 所示。线圈的直线部分放在电机铁心槽内，电磁能量转换主要通过直线部分进行，所以直线部分称为有效边。两个有效边之间的导线称为端部（也称

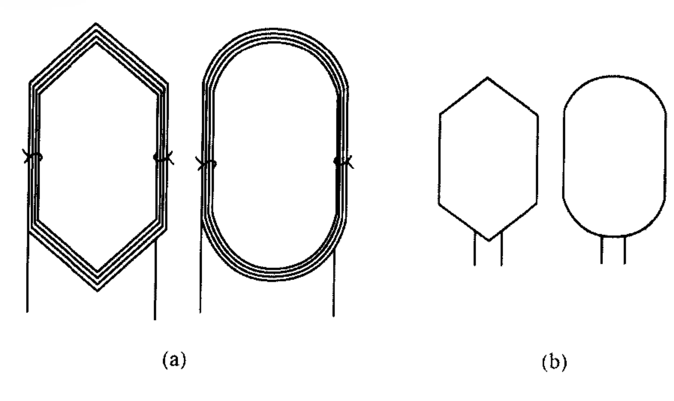

(a) (b)

图 1-2 绕组元件

(a) 线圈；(b) 线圈的简化画法

包头)，仅起到把有效边连接起来的作用。

线圈端部的形状有菱形和弧形两种，菱形端部的元件多用于双层绕组，弧形端部的元件则用在单层绕组中。

2. 槽数

电动机定子或转子铁心的槽数用符号 Z 表示。电动机线槽的作用是安放绕组元件。

3. 极数

电动机的极对数用 p 表示，$2p$ 为极数。同步转速为

$$n_0 = \frac{60f}{p} \tag{1-1}$$

式中 n_0——同步转速，r/min；

f——电源频率，Hz。

电动机的同步、异步转速与极数的关系见表 1-2。

表 1-2 电动机同步、异步转速与极数的关系

极对数	极数	同步转速 (r/min)	铭牌标称转速 (r/min)	
			最低	最高
1	2	3000	2800	2970
2	4	1500	1390	1480
3	6	1000	900	980
4	8	750	710	740
5	10	600	560	580

4. 极距

每极所占有的槽数或每极下气隙的长度，称为极距，用符号 τ 表示。极距 τ 有下面几种表示方法：

(1) 用定子槽数表示

$$\tau = \frac{Z}{2p} \tag{1-2}$$

(2) 用电角度表示

$$\tau = 180^\circ\text{(电角度)} \tag{1-3}$$

(3) 用空间几何角度表示

$$\tau = \frac{360^\circ}{2p} \tag{1-4}$$

5. 节距 (或称跨距)

每个元件的两条直线边 (有效边) 之间相隔的槽数，叫做元件的节距，用符号 y 表示。节距 y 一般用槽数表示

$$y = k\tau = k\frac{Z}{2p} \tag{1-5}$$

式中 k——短距比 (y 与 τ 的比值)，一般取 0.8～0.9 之间。

绕组的节距有三种形式，即全节距、短节距和长节距。

全节距也叫整节距，它等于极距，即 $y=\tau$。例如，一台电动机的定子槽数 $Z=36$，$2p=4$，则极距 $\tau=\frac{Z}{2p}=\frac{36}{4}=9$。如采用全节距绕组，这时绕组的两条边放在第 1 槽到 $1+9=10$ 槽（即 y 为 1～10）。

短节距绕组的节距小于极距，即 $y<\tau$。那么上例电动机绕组元件两条边放在 1～8 号槽。

长节距绕组的节距大于极距，即 $y>\tau$。但是在普通电机中，一般不用长节距绕组。

6. 每极每相槽数

每一相绕组的一个磁极所占的槽数，称为每极每相槽数，用符号 q 表示

$$q=\frac{Z}{2pm} \tag{1-6}$$

式中 m——相数。

例如，三相 4 极 24 槽电动机，每极每相槽数 q 为

$$q=\frac{Z}{2pm}=\frac{24}{4\times 3}=2$$

该电动机每极每相所占槽数为 2 个槽，如果采用单层绕组，每个极只有一个线圈。

7. 极相组

每一相在一个磁极下的线圈，按一定方式串联成组，称为极相组（或称为“联”），如图 1-3 所示。

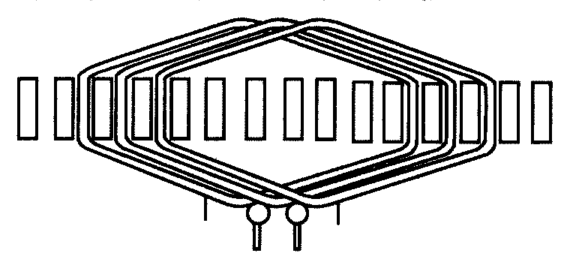


图 1-3 $q=3$ 时绕组的极相组

必须指出，在 q 不变的情况下，双层绕组的极相组数（每相）等于极数，而单层绕组的极相组数（每相）等于极对数。

电动机的定子槽数若能被磁极数与相数的乘积整除，即为整数极相组；若不能，则为分数极相组。

8. 并联支路数

若在定子绕组内每相中有多个极相组的引线头直接与电源相连接，则称为绕组的并联支路。并联支路数用符号 a 表示。

如果一相中的极相组只有两个引线头与电源相连接，则称为一路串联，用 $a=1$ 表示；如果有四个引线头两两并联后，再与电源相连接，则称为两路并联，并联支路数 $a=2$，以次类推，有三路 $a=3$，四路 $a=4$，…，$a=10$ 等。

但是，并联支路不是任意并联的，而是有一定的规律。如 2 极电动机只能有 $a=1$、$a=2$ 两种接法，4 极电动机有 $a=1$、$a=2$、$a=4$ 三种接法，即每一相的极相组数必须被并联支路数整除。如 8 极电动机，每相的极相组数为 8，只能被 1、2、4、8 整除，因此只能有四种接法。

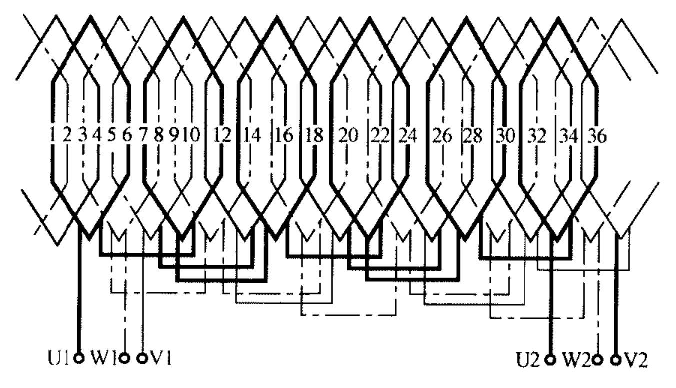


图 1-4 36 槽 6 极等距链式绕组展开图

9. 绕组展开图

设想把定子切开并拉平，略去定子铁心部分，把槽中的绕组元件用一根单线来表示，就可绘出定子绕组展开图，如图 1-4 所示。图中用三种线条分别表示三相绕组，并画出了各个绕组的嵌放位置及各个

线圈的连接方法。这就很容易看出绕组节距，式样，形式，单、双层及极相组之间的连接方法。因为三相绕组为对称绕组，有时为了使人看得更清晰，把三相绕组中的其中一相（一般取A相，即U1、U2），用较粗的线条画出。

五、单层绕组

定子绕组的式样较多，对单层绕组来说，就是在铁心槽内仅嵌有一个线圈边的绕组，通称为单层绕组。单层绕组的元件数目等于定子槽数的一半，它具有嵌线方便，通风性能好和没有槽中的相间绝缘等优点。这类绕组其线圈所用导线较多，电磁波形差，线圈节距变动不大，没有灵活性，因此只适于一般小型电动机。单层绕组可分为同心式、单链式和交叉式三种。

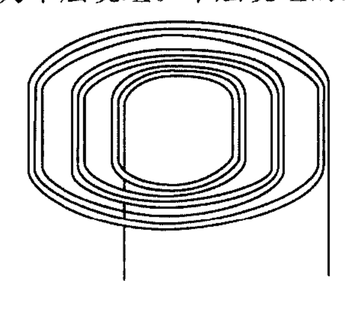


图 1-5　同心式绕组

1. 同心式绕组

同心式绕组由几个宽度不同但彼此“同心”的线圈串联而成，如图 1-5 所示。按绕组端部的安放位置又可分成二平面同心式和三平面同心式，分别如图 1-6 和图 1-7 所示。

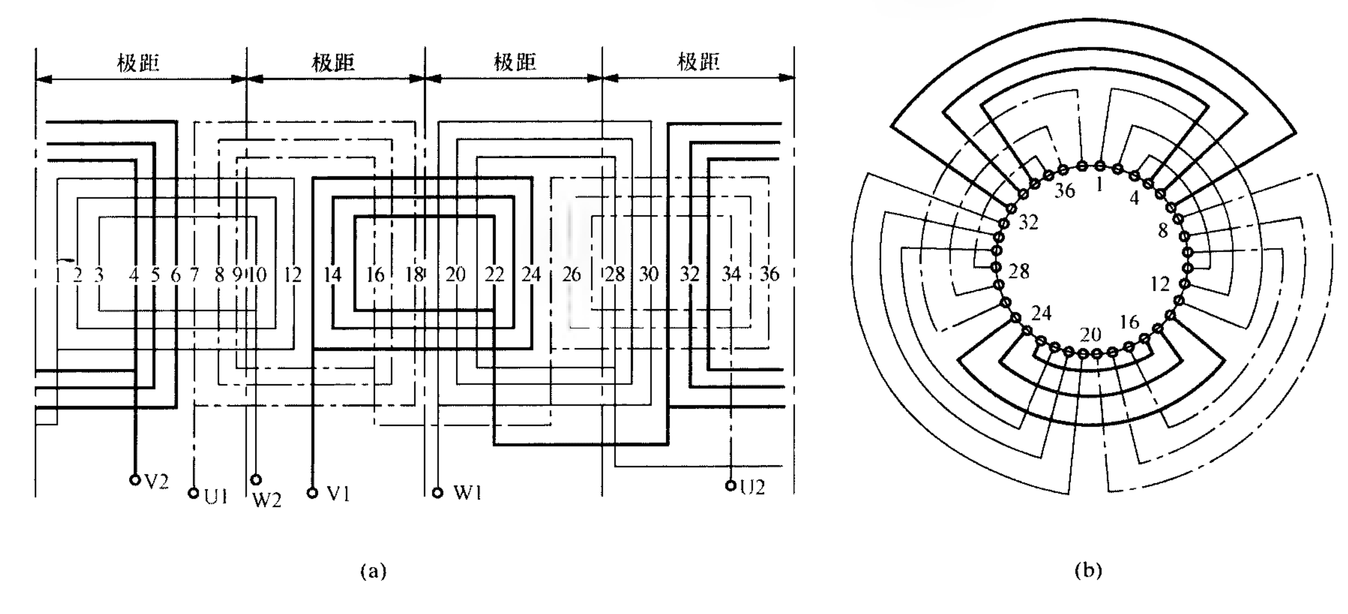
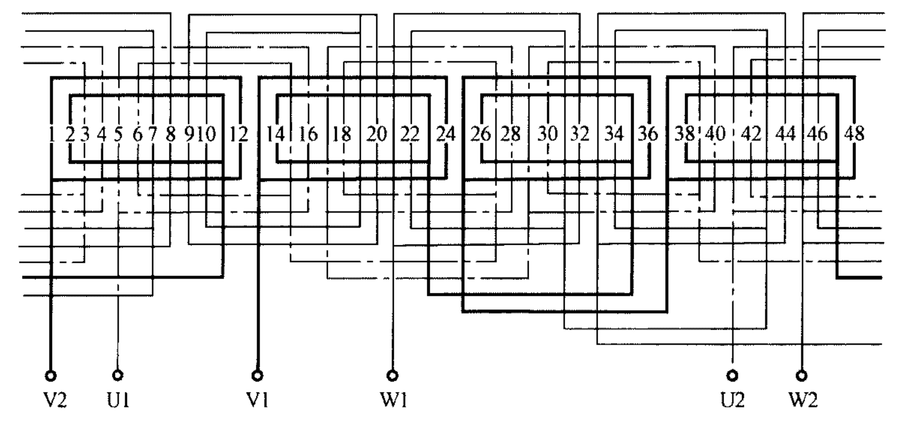
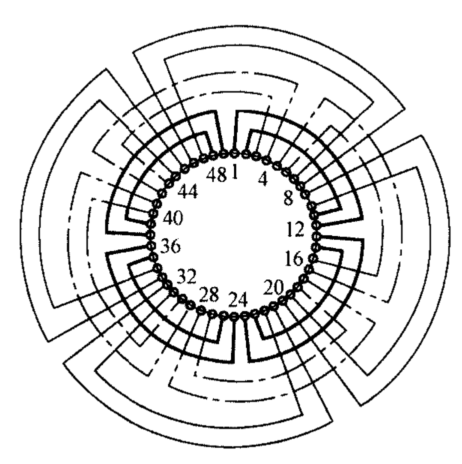


图 1-6　36 槽 4 极二平面同心绕组

（a）展开图；（b）端部图



(a)



(b)

图 1-7　48 槽 4 极三平面同心绕组

（a）展开图；（b）端部图

对于极对数和极相组数同为奇数的二平面同心绕组，将出现一组跨过端部二平面的弯曲绕组。

同心绕组的极相组由该组的几个同心元件组成，极相组的总数等于磁极数和相数的乘积，它们之间的连接为同名端相连接（反串）。也有的极相组的总数是等于极数和相数乘积的一半，它们之间的连接为异名端相连接（正串）。

同心绕组由于绕组跨距大，且又长短不等，较浪费铜线，现在除小容量二极电动机外，已不再采用。

2. 单层链式绕组

线圈节距相等而彼此之间像锁链一样扣合在一起的线圈绕组，叫链式绕组。它适用于每极每相槽数 $q=2$ 的 2 极、4 极、6 极、8 极的电动机。由于线圈尺寸只有一种，绕制线圈和嵌线都较方便，这种绕组每相的极相组数等于极数。36 槽 4 极等距链式绕组展开图如图 1-8 所示。

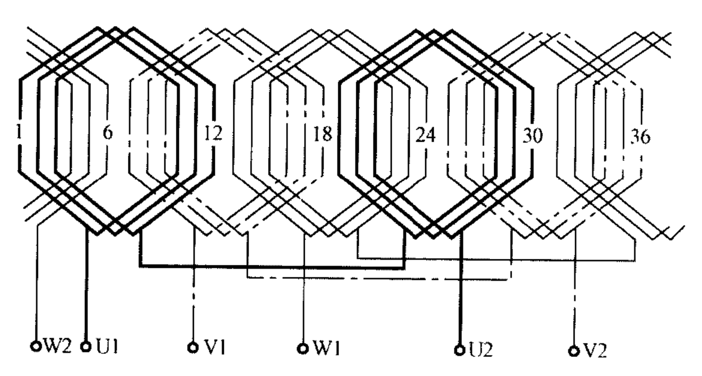


图 1-8　36 槽 4 极等距链式绕组展开图

链式绕组通常做成散下的软线圈，由于大小相同，制造方便，线圈可采用短节距，端部较短，以节省铜线。

3. 单层交叉式绕组

交叉式绕组主要用于每极每相槽数 $q=3$（或其他奇数），$2p=4$ 或 $2p=6$ 的三相小型异步电动机。实际上这种绕组是同心式绕组的综合，由于采用了不等距线圈，因而比同心式绕组的端部短且便于布置。36 槽 4 极交叉式绕组展开图如图 1-9 所示。

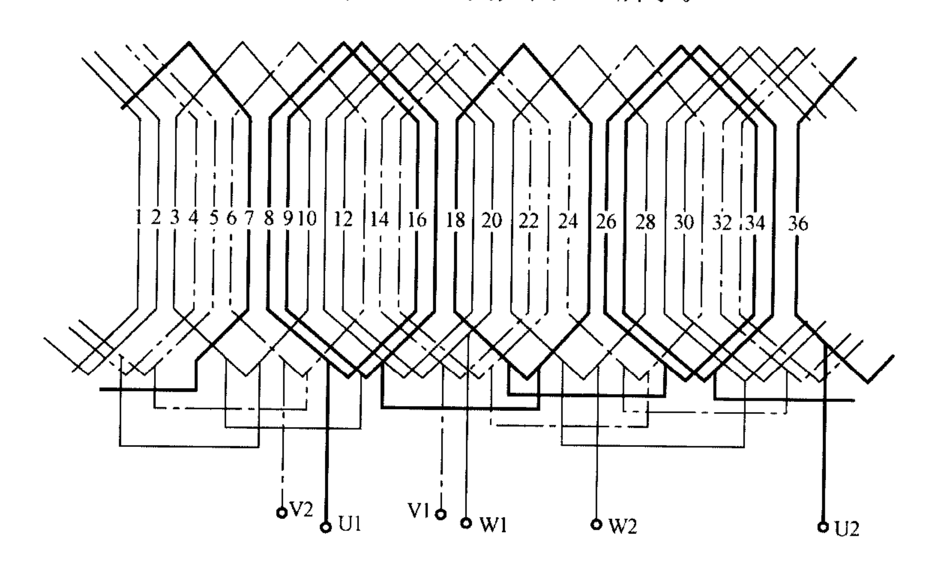


图 1-9　36 槽 4 极交叉式绕组展开图

六、双层绕组

双层绕组的特点是每一个线槽内有上下两个线圈边，线圈的某一个边嵌在某一槽的下层，另一个边则嵌在相隔 y 槽的上层，整个绕组的线圈数正好等于槽数。双层绕组的主要优点是：可以选择最有利的节距；所有线圈具有同样尺寸，便于生产制造；可以组成较多的并联支路；端部形状排列整齐，有利于散热和增强机械强度。所以较大容量的（10kW 以上）电动机定子

绕组多采用双层绕组。

双层绕组有叠绕式和波绕式两种。波式绕组多用于大型电动机的定子绕组，叠式绕组多用于中、小型电动机。

双层叠式绕组有全节距绕组和短节距绕组两种，多采用短节距绕组，即

$$y=(0.75\sim 0.8)\frac{Z}{2p}\text{（取整数）} \tag{1-7}$$

54 槽 8 极双层叠绕组展开图如图 1-10 所示。

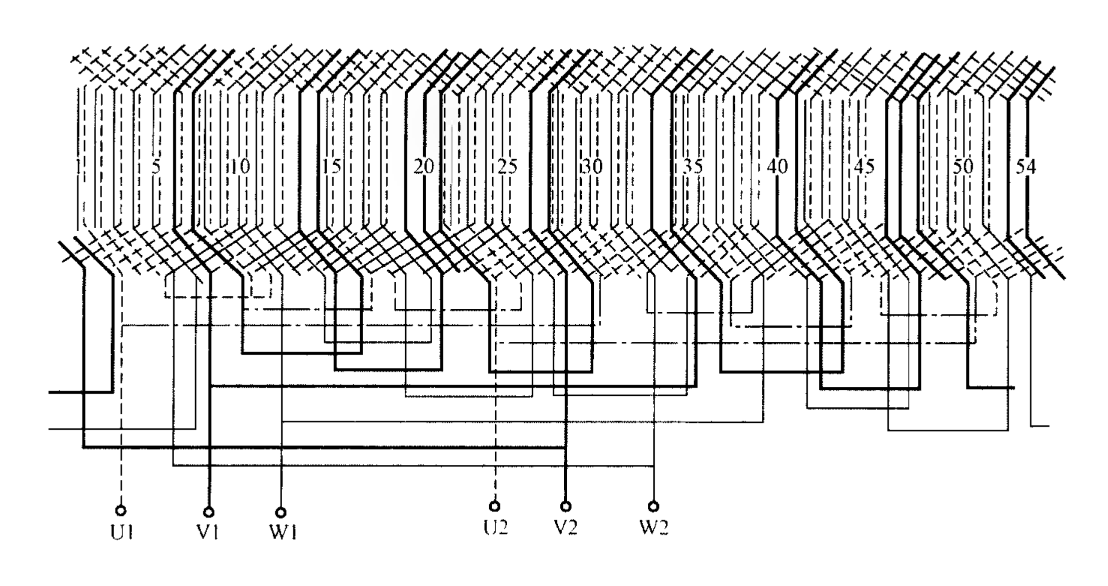


图 1-10　54 槽 8 极双层绕组展开图

七、分数槽绕组

电动机定子槽数若不能被极数和相数所整除，即 q 是分数时，称为分数槽绕组。例如多速变极异步电动机常会遇到分数槽的情况，大型同步发电机利用分数槽绕组削弱高次谐波和齿谐波，从而改善电磁性能。有时为了提高电机定子铁心的利用率，常把一种磁极数的定子冲片，在多种磁极数下使用，也采用分数槽。为了便于极相组的分配和调节线圈节距，分数槽极相组一般只限于在双层绕组中使用。

在求分数槽极相组时，首先应把定子槽数被三相平分，然后再把每相绕组所分得的槽数被极数平分，把不能被极数整分所剩下的几个槽，以槽为单位，分别添入到其中的一些极相组里。这样组成极相组的槽数就有多有少，但无论怎么分，都应使每相中极相组的线圈总数相等，同时尽量使各极相组均匀对称地分布在定子槽内。

例如，一台三相 6 极定子 63 槽的电动机，先把定子槽数被三相去分，每相分 21 槽，21 槽再被 6 极分，每个极分得 3 槽后，还剩 3 槽，然后，把剩下来的 3 槽再分别分到其中的 3 个极相组里。这样每相的绕组里，就有包含 3 个槽的 3 个极相组和包含有 4 个槽的 3 个极相组。在三相绕组中就有 9 个含有 3 个槽的极相组和 9 个含有 4 个槽的极相组。它们之间的比例关系是 1∶1。嵌线时就按这个比例来嵌，先嵌 1 个含有 3 个槽的极相组，再嵌 1 个含有 4 个槽的极相组，这样循环交替一直把 18 个极相组嵌完为止，如图 1-11 所示。

另一种方法可按表 1-3 进行分配，表中 B 表示分数前面的整数值。例如 $q=1\frac{1}{4}$，在表中就是 $B+\frac{1}{4}$，其中 $B=1$；再如 $q=2\frac{1}{2}$，在表中就是 $B+\frac{1}{2}$，其中 $B=2$。

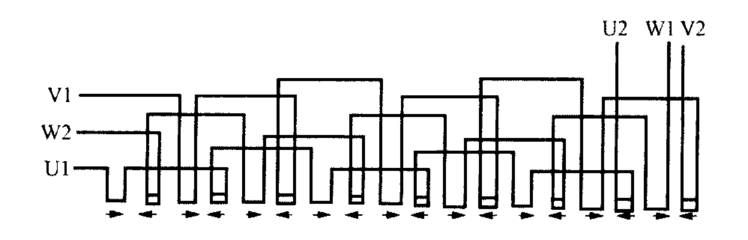


图 1-11　三相 6 极异步电动机分数槽极相组的排列

表 1-3　**分数槽绕组中绕组的分布**

q 值	极相组的循环
$B+1/2$	B，$B+1$；B，$B+1$；B，$B+1$；…
$B+1/4$	B，B，B，$B+1$；B，B，B，$B+1$；或 B，B，$B+1$，B；B，B，$B+1$，B；…或 B，$B+1$，B，B；B，$B+1$，B，B，…
$B+3/4$	B，$B+1$，$B+1$，$B+1$；B，$B+1$，$B+1$，$B+1$；…
$B+1/5$	B，B，B，B，$B+1$；B，B，B，B，$B+1$；…或 B，B，B，$B+1$，B；B，B，B，$B+1$，B；…或 B，B，$B+1$，B，B；B，B，$B+1$，B，B，…或 B，$B+1$，B，B，B；B，$B+1$，B，B，B；…
$B+2/5$	$B+1$，B，$B+1$，B，B；$B+1$，B，$B+1$，B，B；…
$B+3/5$	B，$B+1$，B，$B+1$，$B+1$；B，$B+1$，B，$B+1$，$B+1$；…
$B+4/5$	B，$B+1$，$B+1$，$B+1$，$B+1$；B，$B+1$，$B+1$，$B+1$，$B+1$；…
$B+1/7$	B，B，B，B，B，B，$B+1$；B，B，B，B，B，B，$B+1$；…
$B+2/7$	$B+1$，B，B，$B+1$，B，B，B；$B+1$，B，B，$B+1$，B，B，B；…
$B+3/7$	$B+3/7$，$B+1$，B，$B+1$，B，$B+1$，B，B；…
$B+5/7$	$B+1$，B，$B+1$，B，$B+1$，B，B；B，$B+1$，$B+1$，B，$B+1$，$B+1$，$B+1$；…

现以三相 8 极 30 槽电机为例，说明表 1-3 的用法。因为 $q=\frac{Z}{2pm}=\frac{30}{8\times3}=1\frac{1}{4}$，符合表 1-3 第 2 项的分数值（$B=1$），每相槽的排列如图 1-12 所示。图中，8 个极面槽的排列有 6 个循环，每个循环是 5 个槽，故总共为 30 个槽。图中 U、V、W 及其所对应的数字，表明了每极每相所占有的槽数。例如 N_1 极下 U 相 1 个槽，S_1 极下 U 相 2 个槽，N_2 极下 U 相 1 个槽等，8 个极面下每相槽数的总和都是 10 个槽，故三相绕组是平衡的。

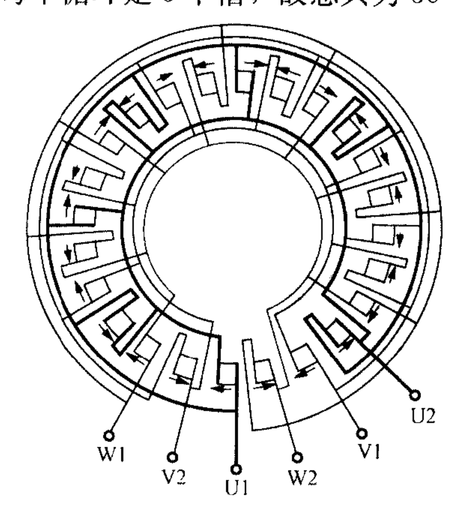


图 1-12　三相 8 极分数槽每相绕组的排列

按照图 1-12 的排列方法画绕组展开图，具体步骤如下：

首先画出 30 个槽，实线表示上层导体，虚线表示下层导体。然后按导体（或槽数）分配法，标明 U、V、W。这样就知道了哪些上层导体属于 U 相，哪些属于 V 相和 W 相，然后根据节距可决定下层导体。如果节距 $y=\frac{5}{6}\tau=\frac{5}{6}\times\frac{30}{8}=3\frac{1}{8}$，则取 $y=3$。这样便可画出 U 相的 8 个极相组，然后按同名端相连的原则，将 8 个极相组全部串联起来就是 U 相绕组。用同样的方法，可以得到 V 相绕组和 W 相绕组。

八、单、双层混合绕组

单、双层混合绕组，就是在定子某槽内嵌以单层绕组，而在另一些槽内嵌以双层绕组。单层绕组嵌线方便，没有层间绝缘，槽的利用率高，但其一般采用全节距绕组，其电动势和磁动势波形较差，因而对电动机的起动性能、损耗和噪声等都有一定的影响。而双层绕组如采用短

节距绕组，就能改善电动势和磁动势的波形，从而改善电动机性能。而单、双层绕组同时具有两种绕组的优点既省工省料，又能改善电动机性能，尤其 2 极电动机更为适用。

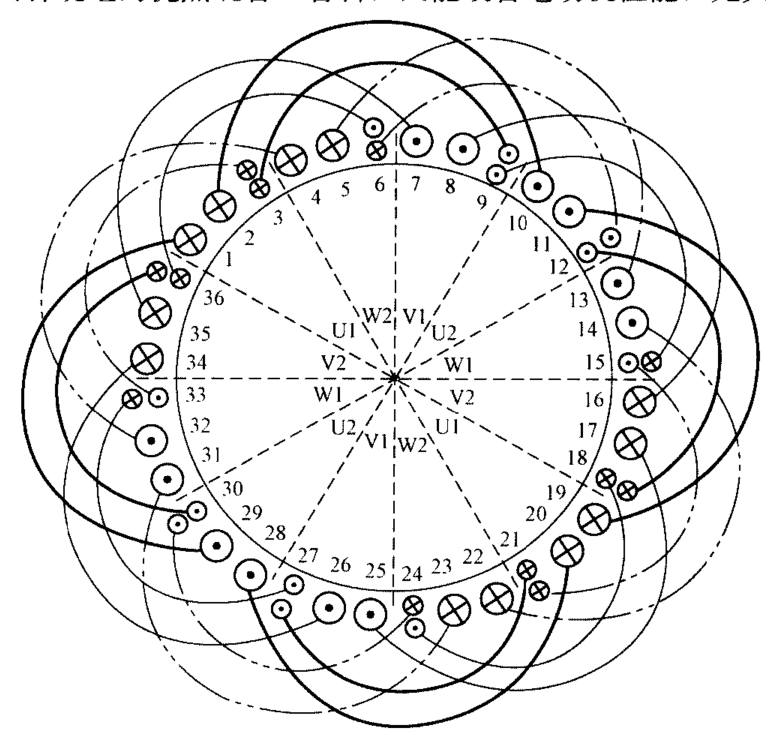


图 1-13　36 槽 4 极单、双层混合绕组端部排列图

单、双层混合绕组是在双层短节距绕组的基础上演变过来的。短节距双层绕组的某些槽内上层和下层导体内电流方向不一致，不属于同一相，但有一些槽内的上、下层导体内电流一致，属于同一相，故可省去层间绝缘，把它们合在一起改单层绕组，而其他异相槽内的线圈边仍为双层，在保持各槽内电流分布不变的情况下，再改变一下端部的连接方式，即变成单、双层混合绕组的结构。

36 槽 4 极电动机单、双层混合绕组的端部排列如图 1-13 所示。由图可见，对于每相绕组（如 U 相绕组）来说有 4 个大线圈（节距 1～9）的有效边占满了整个定子槽 1、29，2、10，11、9，20 和 28，是单层绕组的型式；而 4 个小线圈的有效边分别嵌于 9、18、27 和 36 槽的下层，是双层绕组的形式。36 槽 4 极三相异步电动机单、双混合绕组展开图，如图 1-14 所示。单、双层混合绕组一般适合于每极每相槽数 $q>2$ 的 4 极小容量电动机和 2 极电动机。

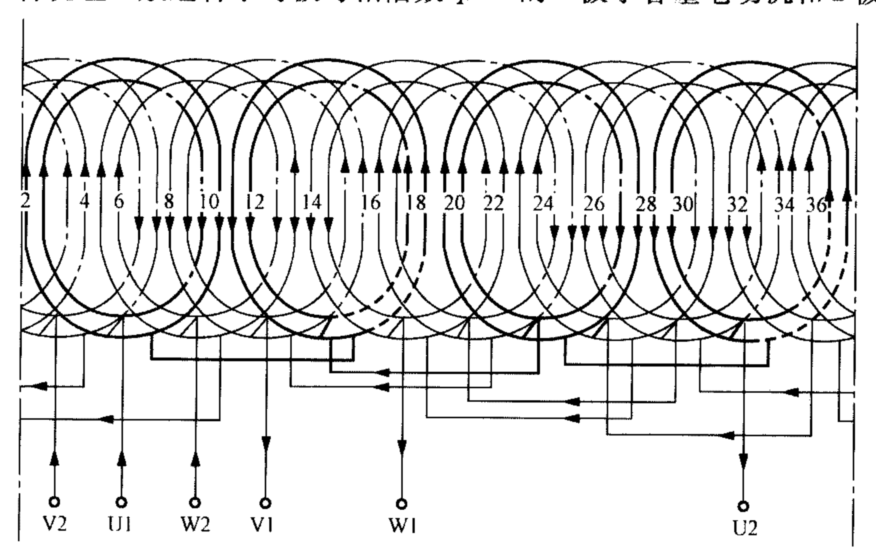


图 1-14　36 槽 4 极单、双层混合绕组展开图

九、绕线式转子绕组

绕线式转子绕组分为同心式绕组和波绕组两种。

1. 同心式绕组

同心式绕组的结构与同心式定子绕组结构相似，小容量绕线式异步电动机的转子绕组有时采用同心绕组。转子铁心为闭口槽的转子绕组，须用穿绕法；对于半闭口槽的转子，可向定子

绕组那样，用线模绕制成线圈后嵌入槽内。

转子是电动机的旋转部分，所以转子绕组的几何形体必须对称，否则转动时由于不平衡而产生离心力，会使电动机剧烈振动。极对数为偶数时，采用同心绕组较为方便。

2. 波绕组

绕线式异步电动机的转子绕组应用得最广泛的是一个槽里有两层导体的双层波绕组。

波绕组的连接规则是把属于同一相的线圈按照一定的次序连接起来，这些连在一起的线圈，从外形上看，好像波浪一样，所以叫做波绕组，如图 1-15 所示。波绕组和叠绕组比较，两者相带划分和槽号分配完全相同。

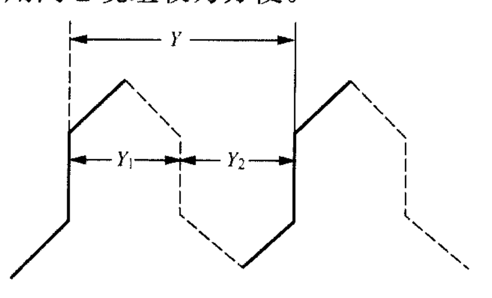


图 1-15　波绕组

如果两种形式的绕组每槽导线数相等，节距相等，那么通过同一三相交流电时，它们产生的磁动势大小及波形完全一样，所以波绕组和叠绕组电磁性能一样。它们的不同点在于端部形状及线圈之间的连接顺序。

绕组的节距分为前节距 y_1 和后节距 y_2。y_1+y_2 称为合成节距，它正好等于相串联的两个线圈的对应边之间的距离，表示每连接一个线圈时，绕组在空间前进了多少槽距。

现以 4 极 24 槽的电动机为例，分析双层波绕组的特点。该电动机的绕组一相的展开图如图 1 16 所示。其每极每相槽数 $q=2$，从图中看出，N 极下属于 K 相的两个极相组为 1K1(1、2)和 2K1(13、14)；S 极下属于 K 相的另两个极相组为 1K1′(7、8)和 2K1′(19、20)。

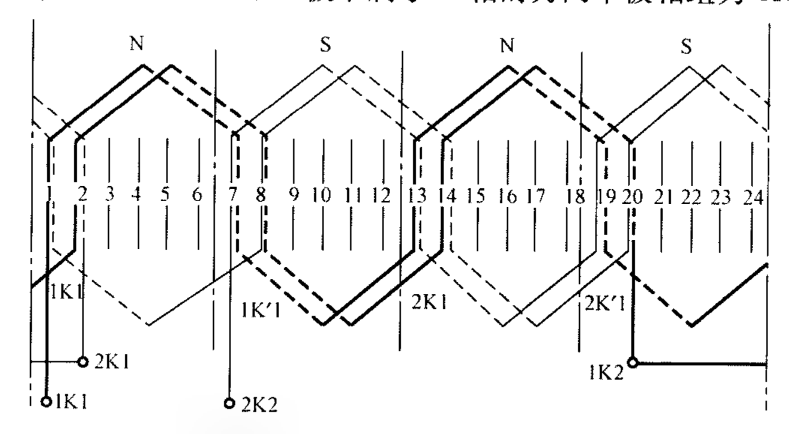


图 1-16　三相整距双层波绕组一相展开图(前进型)

先把 N 极下的 1K1、2K1′两个极相组的线圈按以下次序连接：(1K1)1～7′→13～19′伸长一槽 2～8′→14～20′(1K2)如此组成一个线圈组。应注意，当连接到 19′时，如果仍然按原有 y_2 接过去，将又回到导体 1，绕组将无法继续接下去。因此，当接到 19′时，向前跳过第 1 槽(称为前进型)。依同样的方法，把另外两个极相组 1K1′和 2K1′的线圈连接起来，组成第二个线圈组 2K1-2K2，如图 1-16 中细线所示。由于 N 极下导体的电动势与 S 极下的电动势相反，在把两组线圈串联或并联成整相绕组时，要注意电动势方向。串联对要使电动势相加，并联时也要使两支路的电动势方向相同。

另一种方法为后退型接法。如前所述，当连接完空间一周后，要跨过一个槽，以便进行第二周的连接。如采用后退型接法，从第 2 槽上层导体开始，当连过空间一周后，缩短一个槽，使第二周的连接继续进行，直至把两个极相组的线圈接完，如图 1-17 所示。

双层绕组也可做成短距绕组，以改变电动势或磁动势波形，三相短距双层波绕组中一相绕组的展开图如图 1-18 所示。图中 $y_1=5$，但当 y_1 缩短后，y_2 必须伸长仍然保持合成节距 $y=2\tau$。

转子采用波形绕组需要考虑的另一个问题是三相引出线的布置要尽量对称，以便转子保持平衡，如图 1-19 所示。图中三个始端 K1、L1、M1(或三个末端 K2、L2、M2)，互相间隔距离是 8 个槽，即 1/3 圆周，引线布置应是对称的。

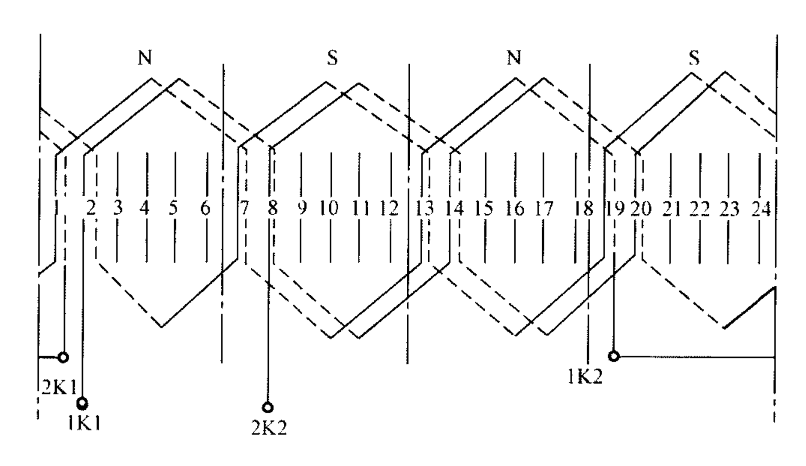


图 1-17　三相整距双层波绕组一相展开图(后退型)

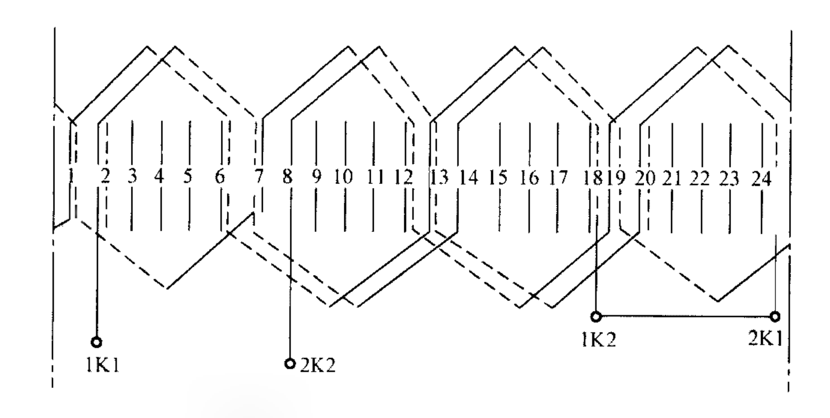


图 1-18　三相短距双波绕组中一相展开图(后退型)

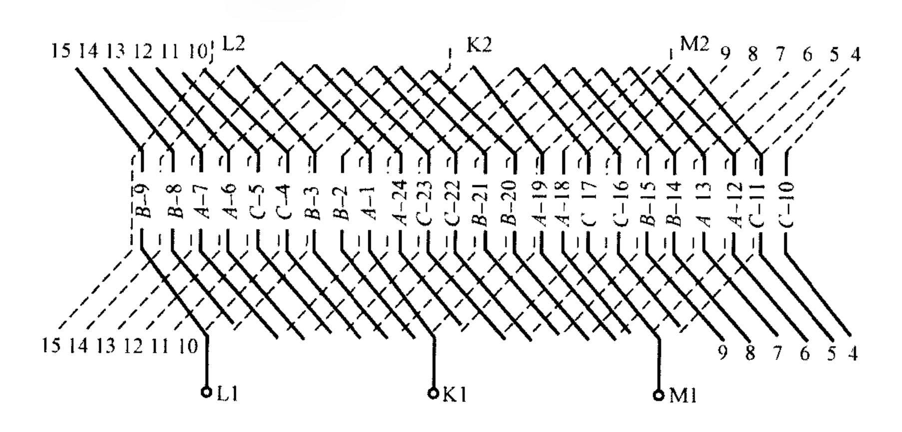


图 1-19　三相 4 极波绕组展开图

对于极数较多、支路导线截面较大的交流电机定子绕组，为了节约极间连接用铜和简化连接线，也常常采用波绕组。

第二节　材　　料

一、导电材料

导电材料的种类很多，其中铜、铝最为常用。铜的导电性能好，在常温时有足够的机械强度，具有良好的延展性，便于加工，化学性能稳定，不易氧化和腐蚀，容易焊接。这些优点使它广泛用于制造电机和变压器线圈。电机和变压器上使用的铜大部分是纯铜(俗称

紫铜)，含铜量为99.5%～99.95%。根据材料的软硬程度分硬铜和软铜两种。铜材料经过压延、拉制等工序加工后，硬度增加，故称硬铜，通常用做机械强度要求较高的导电零部件。硬铜经过退火处理后，硬度降低，即为软铜。软铜的电阻系数比硬铜小，故宜做电机、变压器的线圈。

在产品型号中，铜线的标志是“T”，“TY”表示硬铜，“TR”表示软铜。

铝的电导率约为铜的62%，但它的密度只有铜的33%。铝的资源丰富，价格便宜，所以铝是铜最好的代用品。

电机和变压器上使用的铝是纯铝，含铝量为99.5%～99.7%。由于加工方法不同，也有硬铝和软铝之分。电机和变压器的线圈使用的是软铝。

在产品型号中，铝线的标志是“L”，“LY”表示硬铝，“LR”表示软铝。

1. 电磁线

电磁线是一种具有绝缘层的导电金属线，用以绕制电工产品的线圈或电机、变压器的绕组。常用的电磁线的导线线心有圆形和扁形两种，按其绝缘分为漆包线和绕包线两类，电磁线型号中汉语拼音代号含义见表1-4。

表1-4　电磁线型号中汉语拼音代号含义

绝缘层								导体				派生
绝缘漆		绝缘纤维		其他绝缘层		绝缘特征		导体材料		导体特征		
型号	名称	型号	名称	型号	名称	型号	名称	型号	名称	型号	名称	
Q	油性漆	M	棉纱	V	聚氯乙烯	B	编织	L	铝线	B	扁线	
QA	聚氨酯漆	SB	玻璃丝	YM	氧化膜	C	醇酸胶漆浸渍	TWC	无磁性铜	D	带(箔)	
QG	硅有机漆	SR	人造丝			E	双层			J	绞制	
QH	环氧漆	ST	天然丝			G	硅有机胶黏漆浸渍			R	柔软	
QQ	缩醛漆	Z	纸			J	加厚					-1 薄漆层 -2 厚漆层
QXY	聚酰胺酰亚胺漆					N	自黏性					
QY	聚酰亚胺漆					F	耐自冷性					
QZ	聚酯漆					S	彩色					
QZY	聚酯亚胺漆											

2. 漆包线

漆包线的绝缘层是漆膜，在导线心上涂覆绝缘漆后烘干而成。其特点是：漆膜均匀、光滑、绝缘层较薄，广泛用于中小型电机及微电机，干式变压器及其他电工产品。由于涂覆绝缘品种不同，所以漆包线有很多类别，常用的有缩醛漆包线、聚酯漆包线、聚酯亚胺漆包线、聚酰胺酰亚胺漆包线和聚酰亚胺漆包线等5类。常用漆包线品种、特性及主要用途见表1-5。常用漆包线规格见表1-6和表1-7。

表 1-5　　常用漆包线品种、特性及主要用途

类别	名　称	型　号	耐热等级	优　点	局 限 性	主 要 用 途
缩醛漆包线	缩醛漆包圆铜线	QQ-1 QQ-2	E	1. 热冲击性优 2. 耐刮性优 3. 耐水解性良	漆膜受卷绕应力容易产生裂纹(浸渍前须在120℃左右加热1h以上，以消除应力)	适用于普通及高速中小型电机、微电机的绕组和油浸式变压器的线圈，电器、仪表的线圈
	缩醛漆包圆铝线	QQL-1 QQL-2				
	缩醛漆包扁铜线	QQB				
	缩醛漆包扁铝线	QQLB				
聚酯漆包线	聚酯漆包圆铜线	QZ-1 QZ-2	B	1. 在干燥和潮湿条件下耐电压击穿性能优 2. 软化击穿性能优	1. 耐水解性差(用于密封电机、电器时须注意) 2. 热冲击性能尚可	广泛应用于中、小型电机绕组，干式变压器、仪表的线圈
	聚酯漆包圆铝线	QZL-1 QZL-2				
	聚酯漆包扁铜线	QZB				
	聚酯漆包扁铝线	QZLB				
聚酯亚胺漆包线	聚酯亚胺漆包圆铜线	QZY-1 QZY-2	F	1. 在干燥和潮湿条件下耐电压击穿性能优 2. 热冲击性能良 3. 软化击穿性能良	在含水密封系统中易水解(用于密封的电机、电器时须注意)	适用于高温电机和至冷设备电机的绕组，干式变压器和电器、仪表的线圈
	聚酯亚胺漆包扁铜线	QZYB				
聚酰胺酰亚胺漆包线	聚酰胺酰亚胺漆包圆铜线	QXY-1 QXY-2	H	1. 耐热性优，热冲击性能及软化击穿性能优 2. 耐刮性优 3. 在干燥和潮湿条件下耐电压击穿性能优 4. 耐化学药品腐蚀性能优		
	聚酰胺酰亚胺漆包扁铜线	QXYB				
聚酰亚胺漆包线	聚酰亚胺漆包圆铜线	QY-1 QY-2	H	1. 耐热性优 2. 热冲击性能及软化击穿性能优，能承受短期过载负荷 3. 耐低温性优 4. 耐溶剂及化学药品腐蚀性能优	1. 耐刮性尚可 2. 耐碱性差 3. 在含水密封系统中容易水解 4. 漆膜受卷绕应力容易产生裂纹(浸渍前须在150℃左右加热1h以上，以消除应力)	适用于耐高温电机，干式变压器
	聚酰亚胺漆包扁铜线	QYB				

表 1-6　　Q 型、QQ 型及 QZ 型漆包线规格

裸线直径	漆包线最大外径(mm)			漆包线质量(kg/km)				
(mm)	Q	QQ	QZ、QZL、QY	Q	QQ	QZ	QZL	QY
0.05	0.065	—		0.018	—	—	—	—
0.06	0.075	0.09	0.09	0.026	0.028	0.028	0.011 40	0.029
0.07	0.085	0.10	0.10	0.036	0.037	0.037	0.014 58	0.039
0.08	0.095	0.11	0.11	0.046	0.047	0.047	0.018 28	0.050
0.09	0.105	0.12	0.12	0.058	0.059	0.059	0.022 41	0.063
0.10	0.102	0.13	0.13	0.072	0.074	0.074	0.026 90	0.076
0.11	0.103	0.14	0.14	0.087	0.087	0.087	0.031 11	0.092
0.12	0.140	0.15	0.15	0.104	0.104	0.104	0.037 21	0.108
0.13	0.150	0.16	0.16	0.120	0.120	0.120	0.043 02	0.126
0.14	0.160	0.17	0.17	0.140	0.140	0.140	0.049 31	0.145
0.15	0.170	0.19	0.19	0.161	0.161	0.161	0.059 18	0.167
0.16	0.180	0.20	0.20	0.183	0.183	0.183	0.066 46	0.189
0.17	0.190	0.21	0.21	0.206	0.206	0.206	0.074 15	0.213
0.18	0.200	0.22	0.22	0.230	0.230	0.230	0.082 22	0.237
0.19	0.210	0.23	0.23	0.256	0.256	0.256	0.090 81	0.264

续表

裸线直径（mm）	漆包线最大外径（mm）			漆包线质量（kg/km）				
	Q	QQ	QZ、QZL、QY	Q	QQ	QZ	QZL	QY
0.20	0.225	0.24	0.24	0.285	0.285	0.285	0.099 68	0.292
0.21	0.235	0.25	0.25	0.314	0.314	0.314	0.109 16	0.321
0.23	0.255	0.28	0.28	0.376	0.376	0.376	0.133 4	0.386
0.25	0.275	0.30	0.30	0.443	0.443	0.443	0.155 5	0.454
0.27	0.31	0.32	0.32	0.519	0.519	0.519	0.179 3	0.529
0.29	0.33	0.34	0.34	0.598	0.599	0.598	0.204 6	0.608
0.31	0.35	0.36	0.36	0.685	0.685	0.685	0.213 8	0.693
0.33	0.37	0.38	0.38	0.775	0.775	0.775	0.260 4	0.784
0.35	0.39	0.41	0.41	0.871	0.871	0.871	0.298 4	0.884
0.38	0.42	0.44	0.44	1.025	1.025	1.025	0.347 8	1.04
0.41	0.45	0.47	0.47	1.195	1.195	1.195	0.401 2	1.21
0.44	0.49	0.50	0.50	1.374	1.374	1.374	0.458 2	1.39
0.47	0.52	0.53	0.53	1.566	1.566	1.566	0.519 2	1.58
0.49	0.54	0.55	0.55	1.701	1.701	1.701	0.561 8	1.72
0.51	0.56	0.58	0.58	1.846	1.843	1.843	0.616 8	1.87
0.53	0.58	0.60	0.60	1.992	1.987	1.987	0.663 8	2.02
0.55	0.60	0.62	0.62	2.144	2.144	2.144	0.711 4	2.17
0.57	0.62	0.64	0.64	2.302	2.302	2.302	0.761 4	2.34
0.59	0.64	0.66	0.66	2.466	2.466	2.466	0.812 7	2.50
0.62	0.67	0.69	0.69	2.720	2.720	2.720	0.893 5	2.76
0.64	0.69	0.72	0.72	2.897	2.897	2.897	0.948 5	2.94
0.67	0.72	0.75	0.75	3.173	3.163	3.163	1.018 1	3.21
0.69	0.74	0.77	0.77	3.374	3.374	3.374	1.108 0	3.41
0.72	0.78	0.80	0.80	3.637	3.640	3.640	1.201 0	3.70
0.74	0.80	0.83	0.83	3.882	3.882	3.882	1.281 4	3.92
0.77	0.83	0.86	0.86	4.196	4.196	4.196	1.282 1	4.24
0.80	0.86	0.89	0.89	4.427	4.527	4.527	1.486 7	4.58
0.83	0.89	0.92	0.92	4.870	4.842	4.842	1.594 1	4.92
0.86	0.92	0.95	0.95	5.227	5.227	5.227	1.705 9	5.627
0.90	0.96	0.99	0.99	5.721	5.709	5.709	1.861 2	5.78
0.93	0.99	1.02	1.02	6.107	6.107	6.107	1.981	6.16
0.96	1.02	1.05	1.05	6.525	6.493	6.493	2.105 5	6.56
1.00	1.07	1.11	1.11	7.069	7.069	7.069	2.316 6	7.14
1.04	1.12	1.15	1.15	7.643	7.620	7.620	2.498 2	7.72
1.08	1.16	1.19	1.19	8.240	8.240	8.240	2.685 0	8.32
1.12	1.20	1.23	1.23	8.860	8.860	8.860	2.878 6	8.94
1.16	1.24	1.27	1.27	9.50	9.510	9.510	3.081	9.95
1.20	1.28	1.31	1.31	10.16	10.161	10.161	3.289 3	10.4
1.25	1.33	1.36	1.36	11.02	11.021	11.021	3.554 7	11.2
1.30	1.38	1.41	1.41	11.91	11.912	11.912	3.836 0	12.1
1.35	1.43	1.46	1.46	12.84	12.832	12.832	4.126 2	13.0
1.40	1.48	1.51	1.51	13.81	13.819	13.819	4.427 6	14.0
1.45	1.53	1.56	1.56	14.81	14.802	14.802	4.720	15.0
1.50	1.58	1.61	1.61	15.84	15.847	15.847	5.061 7	16.0
1.56	1.64	1.67	1.67	17.13	17.130	17.103	5.465 8	17.3
1.63	1.71	1.73	1.73	18.51	18.456	18.456	5.880 0	18.6

续表

裸线直径 (mm)	漆包线最大外径（mm）			漆包线质量（kg/km）				
	Q	QQ	QZ、QZL、QY	Q	QQ	QZ	QZL	QY
1.68	1.77	1.79	1.79	19.82	19.843	19.843	6.131 23	20.0
1.74	1.83	1.85	1.85	21.22	21.262	21.262	6.750 6	21.4
1.81	1.90	1.93	1.93	23.11	23.030	23.030	7.316 8	23.3
1.88	1.97	2.00	2.00	24.93	24.845	24.845	7.886	25.2
1.95	2.04	2.07	2.07	26.73	26.730	26.730	8.462 6	27.0
2.02	2.12	2.14	2.14	28.77	28.659	28.659	9.065	29.0
2.10	2.20	2.23	2.23	30.88	31.002	31.002	9.820	31.3
2.26	2.36	2.39	2.39	32.37	35.892	35.892	11.324	36.1
2.44	2.54	2.57	2.57	34.54	41.802	41.802	13.161	42.2

表 1-7　　高强度聚酯漆包扁铜线及铝线

分类	标称尺寸（mm）		最大绝缘厚度（mm）	
	a 边尺寸	*b* 边尺寸	*A*　*a*	*B*　*b*
扁铜线	0.2～0.9	2.0～2.83 3.05～4.4 4.7～10.0	0.09	0.11 0.12 0.11
	1.0～1.16	2.0～2.83 3.05～4.4 4.7～10.0	0.10	0.12 0.13 0.15
	1.25～1.95	2.0～2.83 3.05～4.4 4.7～10.0	0.11	0.12 0.13 0.15
	2.10～2.83	2.0～2.83 3.09～4.4 4.7～10.0	0.12	0.12 0.13 0.15
扁铝线	1.16 1.25～1.95	3.28～4.4	0.11 0.12	0.14
	2.1 2.26～2.83	4.7～5.1	0.13 0.14	0.16

注　*A*—*a* 为 *a* 边绝缘厚度；*B*—*b* 为 *b* 边绝缘厚度。各种扁线绝缘厚度的表示方法如图 1-20 所示。

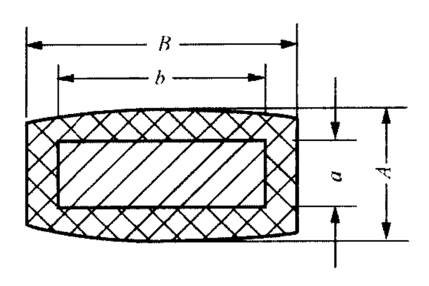


图 1-20　扁线绝缘厚度表示法

3. 绕包线

绕包线用玻璃丝、绝缘纸或合成树脂薄膜紧密绕包在导线线心上，形成绝缘层。也有在漆包线上再绕包绝缘层的。除薄膜绝缘层外，其他绝缘层均须经胶黏绝缘漆浸渍处理，以提高其电性能、机械性能和防潮性能，所以它们实际上是组合绝缘。绕包线的特点是绝缘层比漆包线厚，能较好的承受过电压及过载电负荷，一般用于大中型电机及其他电工产品。根据绕包线的绝缘结构，可分为纸包线、薄膜绕包线、玻璃丝包线、玻璃丝包漆包线等。薄膜绕包线中由于采用的薄膜制品不同，又分为聚酯薄膜绕包线和聚酰亚胺薄膜绕包线两种。玻璃丝包线中又有单玻璃丝包线和双玻璃丝包线之分。另外由于浸渍处理时采用的胶黏绝缘品种不同，玻璃丝包线又分为许多品种，常用的绕包线品种、规格、特性及主要用途见表 1-8～表 1-11。

表 1-8　　**常用绕包线的品种、特性及主要用途**

类别	名称	型号	耐热等级	优点	局限性	主要用途
纸包线	纸包圆铜线	Z	A	浸在变压器油中使用时耐电压击穿性优	绝缘纸容易破裂	用作油浸变压器的线圈
	纸包圆铝线	ZL				
	纸包扁铜线	ZB				
	纸包扁铝线	ZLB				
薄膜绕包线	玻璃丝包聚酯薄膜绕包扁铜线		E	1. 耐电压击穿好 2. 绝缘层的机械强度高	绝缘层较厚	用于大型高压电机的线圈
	聚酰亚胺薄膜绕包圆铜线	Y	H	1. 耐热性及耐低温性优 2. 在高温时耐电压击穿性好 3. 绝缘层比玻璃丝包线薄	在含水密封系统中易水解	用于高温运行的轧钢电机、牵引电机、深井油泵电机及其他特种电机绕绕和干式变压器线圈
	聚酰亚胺薄膜绕包扁铜线	YB				
玻璃丝包线及玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包圆铜线	SBEC	B	1. 过负载性优 2. 耐电晕性优	1. 弯曲性较差 2. 耐潮性较差 3. 绝缘层较厚	用于发电机、中大型电机、牵引电机的绕组和干式变压器的绕组
	双玻璃丝包圆铝线	SBELC				
	双玻璃丝包扁铜线	SBECB				
	双玻璃丝包扁铝线	SBELCB				
	单玻璃丝包聚酯漆包扁铜线	QZSBCB	B	1. 过负载性优 2. 耐电晕性优 3. 耐潮性好	1. 弯曲性较差 2. 绝缘层较厚	用于发电机、大中型电动机、特种电机的绕组和干式变压器的绕组
	单玻璃丝包聚酯漆包扁铝线	QZSBLCB				
	双玻璃丝包聚酯漆包扁铜线	QZSBECB				
	双玻璃丝包聚酯漆包扁铝线	QZSBELCB				
	单玻璃丝包聚酯漆包圆铜线	QZSBC				
	单玻璃丝包缩醛漆包圆铜线	QQSBC	E	1. 过负载性强 2. 耐电晕性强 3. 耐潮性优	弯曲性较差	适用于高速中小型电机的绕组和油浸式变压器的线圈
玻璃丝包线及玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包聚酯亚胺漆包扁铜线	QZYSBEFB	F	1. 过负荷性强 2. 耐电晕性优 3. 耐潮性优	弯曲性较差	适用于高温电机和制冷设备电机绕组，干式变压器和电器、仪表的线圈
	单玻璃丝包聚酯亚胺漆包扁铜线	QZYSBFB				
	硅有机漆双玻璃丝包圆铜线	SBEG	H	1. 过负荷性优 2. 耐电晕性优 3. 用硅有机漆浸渍改进了耐水耐潮性	1. 弯曲性较差 2. 硅有机浸渍漆的黏合能力差，绝缘层的机械强度较差	适用于发电机、高温负荷电机、牵引电机、制冷设备电机、密封式电机及其他特种电机的绕组和干式变压器的线圈
	硅有机漆双玻璃丝包扁铜线	SBEGB				
	双玻璃丝包聚酰亚胺漆包扁铜线	QYSBECB	H	1. 过负荷性优 2. 耐电晕性优 3. 耐潮性优	弯曲性较差	
	单玻璃丝包聚酰亚胺扁铜线	QYSBCB				

表 1-9　　绕包线型号规格

型　号	规　格　(mm)
Z	1.0～5.6
ZL	1.0～5.6
ZB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0
ZLB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0
Y	2.5～6.0
YB	*a* 边 2.0～5.6 *b* 边 2.0～16.0
SBEC	0.25～6.0
SBELC	0.25～6.0
SBECB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0
SBELCB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0
QZSBCB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0

型　号	规　格　(mm)
QZSBLCB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0
QZSBECB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0
QZSBELCB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0
QZSBC	0.53～2.50
QQSBC	0.53～2.50
QZYSBEFB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0
QZYSBFB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0
SBEC	0.25～6.0
SBEGB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0
QYSBEGB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0
QYSBGB	*a* 边 0.9～5.6 *b* 边 2.0～18.0

表 1-10　　双玻璃丝包扁铝线、双玻璃丝包扁铜线和聚酯漆双玻璃丝包线

扁线标称尺寸 (mm)		最大绝缘厚度 (mm)			
		双玻璃丝包		聚酯漆双玻璃丝包	
a 边尺寸	*b* 边尺寸	*A*—*a*	*B*—*b*	*A*　*a*	*B*—*b*
0.9～1.95	2.1～5.9 6.0～8.0 8.6～14.5	0.35 0.39 0.45	0.27	0.44 0.46 —	0.36 0.36 —
2.1～3.8	2.1～10.0 10.8～14.5	0.41 0.44	0.33	0.50 —	0.42 —
4.1～5.5	4.1～10.0 10.8～14.5	0.48 0.53	0.40	0.57 —	0.49 —

表 1-11　　硅有机漆浸渍双玻璃丝包扁铜线

扁铜线标称尺寸 (mm)		最大绝缘厚度 (mm)	
a 边尺寸	*b* 边尺寸	*A*—*a*	*B*—*b*
0.9～1.95	2.1～2.83	0.35	0.31
	3.05～4.4		0.32
	4.7～5.9		0.34
	6.4～8.0	0.39	
	8.6～9.3	0.45	
	10.0～14.5		0.36
2.1～3.8	2.1～2.83	0.41	0.37
	3.05～4.4		0.38
	4.7～5.9		0.40
	6.4～8.0		
	8.6～9.3		
	10.0～14.5	0.44	0.42

续表

扁铜线标称尺寸（mm）		最大绝缘厚度（mm）	
a边尺寸	b边尺寸	A—a	B—b
4.10～5.5	2.1～2.83	0.48	0.44
	3.05～4.4		0.45
	4.7～5.9		0.47
	6.4～8.0		
	8.6～9.3		
	10.0～14.5	0.53	0.49

4. 电磁线的选用

电工产品对电磁线有不同的性能要求，因此，在电机修理时，最好采用原来同型号的电磁线，不要轻易变更。如没有原型号的电磁线，可根据电机的原耐热等级、模具及电磁线的特性选择合适的电磁线。电机修理可供选用的电磁线见表1-12。

表1-12　　电机修理可供选用的电磁线

种类	电磁线名称	耐热等级	交流发电机			交流电动机						直流电机
			大型	中小型	一般用途	通用大型	通用中小型	通用微型	起重辊道型	防爆型	电动工具	轧钢牵引型
漆包线	缩醛漆包线	E			√		√	√	√		√	
	聚酯漆包线	B			√		√	√				√
	聚酯亚胺漆包线	F			√		√	√		√	√	√
	聚酰胺酰亚胺漆包线	H		√			√	√	√		√	√
	聚酰亚胺漆包线	H									√	
绕包线	玻璃丝包线	B、H	√	√	√	√	√		√	√		√
	聚酰亚胺薄膜绕包线	H	√			√						√
	玻璃丝包聚酯薄膜绕包线	E	√	√		√	√		√	√		

注　表中“√”号表示可供选用的电磁线。

5. 电机引线

由于电机的品种、耐热等级、电压和电流等因素，电机引线的电气性能必须与其适应，绝缘电阻要求高而且稳定。例如6kV电机的引线不仅要求耐电晕和表面电阻高，而且还要考虑安装时的刮、挤、弯折等机械外力，所以还要求有一定的机械强度。JXHQ、JVR、JHXT、JBX型电机引出线规格见表1-13～表1-16。

表1-13　　JXHQ型电机引出线规格

标称截面（mm^2）	导电线心结构		外　径（mm）	质　量（kg/km）	铜　重（kg/km）
	根数	单线直径（mm）			
0.2	12	0.15	3.3	14	1.4
0.35	20	0.15	3.4	16	3.3
0.5	16	0.20	3.6	19	4.6
0.75	24	0.20	3.8	23	6.9
1.0	32	0.20	3.9	26	9.2
1.5	48	0.20	4.2	32	13.7
2.5	19	0.41	5.3	52	22.6
4	19	0.52	5.8	71	36.4

续表

标称截面 (mm²)	导电线心结构		外 径 (mm)	质 量 (kg/km)	铜 重 (kg/km)
	根数	单线直径（mm）			
6	19	0.64	6.4	96	55.8
10	19	0.82	8.1	154	90.5
16	49	0.64	9.8	233	143.2
25	98	0.58	12.1	362	235.6
35	133	0.58	13.1	462	319.8
50	133	0.68	15.4	635	439
70	189	0.68	17.8	864	626.2
95	256	0.68	19.9	1148	859.2

表 1-14　　JVR 型电机、电器用丁腈聚氯乙烯绝缘引出线规格

标称截面 (mm²)	导线线心结构		导线线心在 20℃时的直流电阻（Ω/km）		绝缘标称厚度 (mm)	电线最大外径 (mm)	电线计算质量 (kg/km)
	根数	直径（mm）	铜心	镀锡铜心			
0.06	7	0.10	337	364	0.4	1.2	1.7
0.10	12	0.10	197	202	0.4	1.35	2.3
0.12	16	0.10	143	151	0.4	1.4	2.7
0.15	19	0.10	124	127	0.4	1.45	3
0.2	12	0.15	85.7	89.6	0.4	1.6	3.7
0.3	16	0.15	64.3	67.2	0.5	1.9	5.3
0.4	23	0.15	43.9	46.8	0.5	2.1	6.8
0.5	28	0.15	36.7	38.2	0.5	2.2	7.8
0.6	34	0.15	30.0	31.6	0.7	2.7	11
0.7	40	0.15	25.4	26.9	0.7	2.9	12
0.8	45	0.15	22.5	23.9	0.7	2.9	13
1.0	32	0.20	17.8	18.9	0.7	3.0	16
1.2	38	0.20	15.1	15.9	0.7	3.3	18
1.5	48	0.20	11.9	12.6	0.7	3.4	21
2.0	49	0.23	8.82	9.33	1.0	4.5	32
2.5	49	0.26	6.92	7.30	1.0	4.8	39
3	49	0.28	5.96	6.30	1.0	5.0	44
4	77	0.26	4.40	4.65	1.0	5.2	54
5	98	0.26	3.46	3.65	1.0	6.0	68
6	77	0.32	2.92	3.07	1.0	6.6	79

表 1-15　　JHXT 型电机引出线规格

标称截面 (mm²)	导线线心结构			铜线质量 (kg/km)	硅橡皮绝缘厚度 (mm)	外 径 (mm)	电线质量 (kg/km)
	根 数	直径 (mm)	绞线直径 (mm)				
0.75	19	0.23	1.15	7.2	1.25	4.4	27.43
1.0	19	0.23	1.30	9.22	1.25	4.5	30.45
1.5	19	0.32	1.60	13.9	1.25	4.8	37.25
2.5	40	0.26	2.34	23.8	1.5	5.0	58.36
4	40	0.32	2.88	36.2	1.75	7.4	85.88
6	40	0.39	3.51	53.6	2.0	8.5	118.7
10	40	0.52	4.68	95.4	2.0	9.7	173
16	84	0.49	6.10	145	2.0	11.0	238.9
25	133	0.49	7.35	230	2.0	12.4	337.8
35	133	0.58	8.7	322	2.0	13.7	438.2
50	133	0.68	10.2	443	2.5	16.2	613.5
70	189	0.68	12.5	629	2.75	19.0	849.7

续表

标称截面 (mm²)	导线线心结构			铜线质量 (kg/km)	硅橡皮绝缘厚度 (mm)	外　径 (mm)	电线质量 (kg/km)
	根　数	直径 (mm)	绞线直径 (mm)				
95	259	0.68	14.2	860	3.0	21.2	1125.2
120	888	0.41	17.2	1070	3.25	24.7	1406.4
150	1159	0.41	18.4	1392	3.5	26.4	1774
185	1300	0.43	23.2	1720	3.75	31.7	2228
240	1648	0.43	23.9	2170	4.0	32.9	2715

表 1-16　　　　JBX 型电机引出线规格

标称截面 (mm²)	镀锡导线线心结构			铜线质量 (kg/km)	锡层质量 (kg/km)	丁基橡皮绝缘厚度 (mm)	外　径 (mm)	电线质量 (kg/km)
	根数	直径	绞线直径					
0.5	16	0.2	0.94	4.6	0.16	1.1	3.9	28.7
0.75	19	0.23	1.15	7.24	0.23	1.1	4.2	33.5
1.0	19	0.26	1.3	9.24	0.25	1.1	4.3	36.9
1.5	19	0.32	1.6	14.0	0.34	1.1	4.6	44.6
2.5	49	0.26	2.34	23.8	0.62	1.1	5.3	62.4
4	49	0.32	2.88	36.1	0.90	1.1	5.9	79.6
6	49	0.39	3.51	53.7	1.3	1.1	6.5	103.6
10	49	0.52	4.68	95.6	1.8	1.1	7.7	157.2
16	84	0.49	6.10	144.5	2.5	1.4	9.7	239.2
25	133	0.49	7.35	230	4.0	1.4	11.0	340.8
35	133	0.58	8.17	321	5.2	1.8	13.1	480.3
50	133	0.68	10.2	444	7.0	1.8	14.7	625.2
70	189	0.68	12.55	630	10.0	1.8	17.0	848.1
95	259	0.68	14.28	864	13.0	2.0	19.1	1168.3

二、绝缘材料

绝缘材料又称电介质。它在直流电压作用下，只有极小的电流通过，其电阻率（亦称电阻系数）大于 $10^9\Omega/cm$。它的主要作用是在电气设备中把不同单位的导电体隔离开，使电流按预定的路径流通。因此，绝缘材料应具有良好介电性能、较高的绝缘电阻和耐压强度；其次耐热性要好，不会因长期受热而引起性能变化；还应有良好的导热、冷却、耐潮、防雷电、防霉和较高机械强度以及加工方便的特点。

绝缘材料在长期使用中，会因温度、电磁、机械等理化方面的作用使绝缘性能渐渐变差，这种现象称为绝缘老化。当绝缘老化到一定程度后，就不能继续使用，尤其是当绝缘材料受潮同时又经受过高的温度与过高的电压时，会导致绝缘材料失去绝缘能力而导电，这种现象叫做绝缘击穿。因此，在电工产品中，为确保长期安全运行，需对允许最高工作温度做若干规定。目前我国绝缘材料的耐热等级分为七个级别，见表 1-17。

表 1-17　　　　绝缘材料的耐热等级

级　别		绝　缘　材　料	极限工作温度 (℃)
符　号	代　号		
Y	0	天然纤维的纺织品，以醋酸纤维和聚酰亚胺为基础的合成纺织品，以及易于分解和熔化点较低塑料（脲醛树脂）	90

续表

级别		绝缘材料	极限工作温度(℃)
符号	代号		
A	1	工作于矿物油中和用油树脂复合胶浸过的Y级材料，漆包线、漆布、漆丝布的绝缘及油性漆、沥青漆等	105
E	2	聚酯薄膜和A级材料复合、玻璃布、油性树脂漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆包线、乙酸乙烯耐热漆包线	120
B	3	聚酯薄膜经树脂黏合或浸渍涂覆的云母、玻璃纤维、石棉等、聚酯漆、聚酯漆包线	130
F	4	以有机纤维材料补强和石棉带补强的云母制品，玻璃丝和石棉纤维为基础的层压制品，以无机材料作补强和石棉带补强的云母粉制品，化学热稳定性好的聚酯和醇酸类材料，复合硅有机聚脂漆	155
H	5	无补强或以无机材料为补强的云母制品，加厚的F级材料，复合云母、有机硅云母制品，硅有机漆、硅有机橡胶聚酰亚胺复合玻璃布、复合薄膜、聚酰亚胺漆等	180
C	6	不要用任何有机黏合剂及浸渍剂的无机物，如石英、石棉、云母、玻璃和瓷材料等	180以上

（一）绝缘材料的分类和性能指标

1. 分类及型号

电工常用绝缘材料按其化学性质不同，可分为无机绝缘材料、有机绝缘材料和混合绝缘材料。若按其应用或工艺特征，可划分为六大类，见表1-18。

表1-18　绝缘材料的分类

分类代号	名称	分类代号	名称
1	漆、树脂和胶类	4	压塑料类
2	浸渍纤维制品类	5	云母制品类
3	层压制品类	6	薄膜、黏带和复合制品类

电工绝缘材料的统一型号由四位数字组成。

第一位数字是分类代号（见表1-18)。

第二位数字表示同一分类中的不同品种。常用的品种有：第1类绝缘材料中的浸渍漆用0表示，瓷漆用3表示，硅钢片漆用6表示；第2类材料中的漆布（漆绸）用2（4）表示，半导体漆布用6表示，漆管用7表示；第3类材料中的层压板0表示，层压板玻璃布板用2表示，纸管用5表示，玻璃布管用6表示，纸棒7表示，玻璃布棒8表示；第4类材料中的木粉填料压塑料用0表示，玻璃纤维填料压塑料用3表示；第5类材料中的柔软云母板用1表示，塑形云母板用7表示，云母箔用8表示；第6类材料中的薄膜用0表示，薄膜绝缘纸及薄膜玻璃漆布复合箔用5表示。

第三位数字即耐热等级代号（见表1-17)。

第四位数字为同产品的顺序号，用以表示配方、成分或性能上的差别。

由于云母的种类较多，因此云母制品的型号，除白云母制品外，在第四位数字的后面附加一位数字，1表示粉云母制品，2表示金云母制品。

2. 性能指标

(1) 绝缘耐压强度：绝缘物质在电场中，当电场强度增大到某一极限值时，就会击穿。这个绝缘击穿的电场强度称为绝缘耐压强度（又称介电强度或绝缘强度)，通常以1mm厚的绝缘材料所能耐受的电压千伏值表示。

(2) 抗张强度：绝缘材料每单位截面积能承受的拉力。

（3）密度：绝缘材料每立方厘米体积的质量。

（二）绝缘材料的选用

修理电机时一般应选用和原来一样的绝缘材料，如没有合适材料应选用和原来绝缘材料相似的材料或选用性能高于原材料（但注意槽满率不能太高）；如无法弄清原来是何种材料时（如空壳电动机），可按电机铭牌上规定的绝缘等级选用，否则会影响电机修理的质量及修理后电机的使用寿命。常用绝缘材料的品种、特性及用途见表1-19。

表1-19　常用绝缘材料的品种、特性及用途

名　称	型　号	耐热等级	特　性　及　用　途
（一）绝缘漆类			
沥青漆	1010	A	耐潮性好，供浸渍不要求耐油的电机线圈
油改性醇酸漆	1030	B	耐油性和弹性好，供浸渍在油中工作的线圈和绝缘零部件
丁基酚醛醇酸漆	1031	B	耐潮性、内干性较好，机械强度较高，供浸渍线圈，可用于湿热地区
三聚氰胺醇酸漆	1032	B	耐潮性、耐油性、内干性较好，机械强度较高，耐电弧，供浸渍潮湿地区使用的线圈
环氧脂漆	1033	B	耐潮性、耐油性、内干性较好，机械强度较高，耐电弧，供浸渍湿热地区使用的线圈
环氧醇酸漆	H30-6	B	耐热性较好、机械强度高，黏结力强，可供浸渍用于湿热地区的线圈
环氧无溶剂漆	110	B	黏度低，击穿强度高，储存稳定性好，可用于沉浸小型低压电机、电器线圈
环氧无溶剂漆	111	B	黏度低，固化快，击穿强度高，可用于滴浸小型低压电机、电器线圈
环氧无溶剂漆	9010	B	黏度低，固化较快，体积电阻高，储存稳定性好，可用于整浸中型高压电机、电器线线圈
聚酯浸渍漆	Z30-2	F	耐热性、电气性能较好，黏结力强，供浸渍F级级电机、电器线圈
不饱和聚酯无溶剂漆	319-2	F	黏度较低、电气性能较好，储存稳定性好，可用于浸渍F级电机、电器线圈
有机硅浸渍漆	1053	H	耐热性和电气性能好，但烘干温度较高，供浸渍H级电机、电器线圈和绝缘零部件
聚酯改性有机硅漆	W30-P	H	黏结力较强，耐潮性及电气性能好，烘干温度较1053低，用途同1053漆
聚酰胺酰亚胺浸渍漆	PA1 2	H	耐热性优于有机硅漆，电气性能优良，黏结力强，供浸渍耐高温或在特殊条件下工作的电机、电气线圈
晾干醇酸灰瓷漆	1321	B	晾干或低温干燥，漆膜硬度较高，耐电弧性和耐油性好，用于覆盖电机、电器线圈及绝缘零部件表面修饰
醇酸灰瓷漆	1320	B	烘焙干燥，漆膜坚硬，机械强度高，耐电弧和耐油性好，用于覆盖电机、电器线圈
环氧脂灰瓷漆	163	B	烘焙干燥，漆膜硬度大，耐潮、耐霉、耐油性好，用于覆盖电机、电器线圈，可用于湿热地区
晾干环氧脂灰瓷漆	164	B	晾干或低温干燥，漆膜坚硬，耐潮、耐霉、耐油性好，用于覆盖电机、电器线圈及绝缘零部件表面修饰，可用于湿热地区
晾干有机硅红瓷漆	167	H	晾干或低温干燥，漆膜耐热性高，电气性能好，用于覆盖耐高温电机、电器线圈或绝缘零部件表面修饰
有机硅红瓷漆	1350	H	烘焙干燥，漆膜耐热性、电气性能比167漆好，且硬度大，耐油，用途同167漆
油性硅钢片漆	1611	A	在高温（400～500℃）下干燥快，漆膜厚度均匀、坚硬、耐油，供涂覆一般小型电机、电器用硅钢片
醇酸硅钢片漆	9161	B	在300～350℃下干燥快，漆膜有较好的耐热性和耐电弧性，供涂覆一般电机、电器用硅钢片，但不宜涂覆磷酸盐处理的硅钢片

续表

名　称	型　号	耐热等级	特　性　及　用　途
环氧酚醛硅钢片漆	114	F	附着力强，在200～350℃下干燥快，漆膜有较好的耐热性、耐潮性、耐腐蚀性和电气性能，供涂覆大型电机、电器用硅钢片，且适宜涂覆磷酸盐处理的硅钢片和其他硅钢片
有机硅钢片漆	W35-1	H	漆膜耐热性和电气性能优良，供涂覆高温电机、电器用硅钢片，但不宜涂覆磷酸盐处理的硅钢片
聚酰胺酰亚胺硅钢片漆	PAI Q	H	漆的涂覆工艺性和干燥性好，漆膜附着力强，耐热性高，耐溶剂性优越，供涂覆高温电机、电器用的各种硅钢片
（二）浸渍纤维制品类			
油性漆绸（黄漆绸）	2210 2212	A	具有较好的电气性能和良好的柔软性，2210漆适用于电机、电器薄层衬垫式线圈绝缘；2212漆耐油性好，适用于有变压器油或汽油侵蚀的环境中工作的电机、电器的薄层衬垫或线圈绝缘
油性玻璃漆布（黄玻璃漆布）	2412	E	耐热性较2210、2212漆好，适用于一般电机、电器的衬垫和线圈绝缘，以及在油中工作的变压器、电器的绝缘
沥青醇酸玻璃漆布	2430	B	耐潮性较好，但耐苯和耐变压器油性差，适用于一般电机、电器的衬垫和线圈绝缘
醇酸玻璃漆布	2432	B	耐油性较好，并具有一定的防霉性，可用作油浸变压器、油断路器等线圈绝缘
环氧玻璃漆布	2433	B	具有良好的耐化学药品腐蚀性，良好的耐湿热性和较高的机械、电气性能，适用于化工电机、电器的槽绝缘、衬垫和线圈绝缘
有机硅玻璃漆布	2450	H	具有较好的耐热性，良好的柔软性，耐霉、耐油和耐寒性好，适用于H级电机、电器的衬垫和线圈绝缘
有机硅防电晕玻璃漆布	2650	H	具有稳定的低电阻率，耐热性好，适用于高压电机定子线圈的防电晕材料
油性漆管	2710	A	具有良好的电气性能和弹性，但耐热性、耐潮性和耐霉性差，可作电机、电器和仪表等设备引出线和连接线的绝缘
油性玻璃漆管	2714	A	
醇酸玻璃漆管	2730	B	具有良好的电气性能和机械性能，耐油性和耐热性好，但弹性稍差，可代替油性漆管作电机、电器和仪表等设备引出线和连接线的绝缘
有机硅玻璃漆管	2750	H	具有较高的耐热性和耐潮性，良好的电气性能，适于作H级电机，电器等设备的引出线和连接线的绝缘
硅橡胶玻璃丝管	2751	H	具有良好的弹性、耐热性和耐寒性，机械性能良好，适用于在－60～180℃工作的电机、电器和仪表等设备的引出线和连接线的绝缘
（三）层压制品类			
酚醛层压纸板	3020	E	电气性能好，耐油性好，适用于电工设备中绝缘结构件，并可在变压器油中使用
	3021	E	机械强度高，耐油性好，适用于电工设备中的绝缘结构件，并可在变压器油中使用
	3022	E	有较高的耐潮性，适用于高湿度条件下工作的电工设备中的绝缘构件
酚醛层压玻璃布板	3230	B	机械性能、耐水和耐热性比层压纸板好，但黏合强度低，适用于电工设备中的绝缘结构件，并可在变压器油中使用
苯胺酚醛层压玻璃布板	3231	B	电气性能、机械性能和黏合强度均比酚醛层压玻璃布板好，适用于电机、电器中的绝缘结构件
环氧酚醛层压玻璃布板	3240	F	具有很高的机械强度，电气性能好，耐热性和耐水性较好，浸水后的电气性能较稳定，适用于要求高机械强度、高介电性能以及耐水性好的电机、电器的绝缘结构件，并可在变压器油中使用
有机硅环氧层压玻璃布板	3250	H	电气性能和耐热性好，机械强度较高，供作耐热和湿热地区H级电机、电器的绝缘结构件
二苯醚层压玻璃布板	3251	H	具有优良的机械性能，电气性能和耐热、耐辐射、耐腐蚀性，能熄灭电弧，适用于H级电机、电器的绝缘结构件
聚胺酰亚胺层压玻璃布板	—	H	具有良好的机械性能，电气性能和耐热、耐辐射性，适用于H级电机、电器的绝缘结构件

续表

名　称	型　号	耐热等级	特　性　及　用　途
防电晕环氧玻璃布板	-	F	有较稳定的低电阻，适用于高压电机槽部的防电材料
酚醛纸管	3520	E	电气性能好，适用于电机、电器的绝缘结构件，可在变压器油中使用
	3523	E	具有良好的机械加工性，适用于电机、电器的绝缘结构件，可在变压器油中使用
环氧酚醛玻璃布管	3640	F	具有高的电气性能和机械性能，耐潮湿和耐热性较好，适用于电机、电器的绝缘结构件，可在高电场强度、潮湿环境或变压器油中使用
有机硅玻璃布管	3650	H	具有高的耐热性，耐潮性好，适用于H级电机、电器的绝缘结构件
酚醛纸棒	3720	E	具有一定的电气性能和机械性能，适用用于电机、电器及其他电工设备中的绝缘结构件，并可在变压器油中使用
环氧酚醛玻璃布棒	3840	F	具有良好的电气性能和机械性能，适用于电机、电器及其他电工设备中的绝缘结构件，可在湿热地区和变压器油中使用
（四）压塑料类			
酚醛塑料	4013	A	表面光泽性好，吸潮性小，耐霉性好，可塑制湿热地区使用的低压电机、电器和仪器仪表的绝缘零部件
酚醛玻璃纤维塑料	4330	B	具有良好的电气性能和机械性能，热变形温度较高，耐潮性和耐霉性好，适用于塑制湿热地区使用的电机、电器的绝缘部件
（五）云母制品类			
醇酸纸柔软云母板	5130	B	用于低压交直流电机的槽绝缘和端部层间绝缘
醇酸纸柔软粉云母板	5130-1	B	
醇酸玻璃柔软云母板	5131	B	用于一般电机的槽绝缘和端部层间绝缘
醇酸玻璃柔软粉云母板	5131-1	B	
环氧纸柔软粉云母板	5136-1	B	用于电机的槽绝缘及匝间绝缘
环氧玻璃柔软粉云母板	5137-1	B	用于低压电机的槽绝缘和端部层间绝缘或外包绝缘
环氧薄膜玻璃柔软粉云母板	5138-1	B	用于高压电机定子线圈的匝间和换位绝缘或其他衬垫绝缘
醇酸柔软云母板	5133	B	用于高压电机定子线圈匝间和换位绝缘或其他衬垫绝缘
有机硅柔软云母板	5150	H	用于H级电机槽部或端部的层间绝缘
有机硅玻璃柔软云母板	5151	H	
有机硅玻璃柔软粉云母板	5151-1	H	
醇酸塑型云母板	5230	B	用于直流电机换向器的V形绝缘环和电器的绝缘结构件
虫胶塑型云母板	5231	B	
醇酸塑型云母板	5235	B	用于温升较高、转速较快的直流电机换向器的V形绝缘环和绝缘结构件
虫胶塑型云母板	5236	B	
有机硅塑型云母板	5250	H	用于耐热电机、电器和仪表的绝缘结构件
醇酸纸云带	5430	B	耐热性较高，但防潮性较差，可作为直流电机电枢线圈和低压电机线圈的线包绝缘
醇酸绸云母带	5432	B	
醇酸硅塑云母带	5434	B	

续表

名　称	型　号	耐热等级	特　性　及　用　途
环氧聚酯玻璃粉云母带	5437-1	B	热弹性较高，在室温下储存期可达6个月，但介质损耗较大，可代替醇酸云母带作电机的匝间绝缘和端部绝缘，但不宜做高压电机的主绝缘
环氧玻璃粉云母带	5438-1	B	含胶量大，厚度均匀，固化后电气及机械性能较好，但室温下储存期较短（半个月），故需低温储存，适用于模压或液压成型的高压电机线圈绝缘
有机硅玻璃云母带	5450	H	耐热性高，主要用于要求耐高温的电机或牵引电机的线圈绝缘
有机硅玻璃粉云母带	5450-1	H	
虫胶换向器云母板	5535	B	用于一般直流电机换向器的片间绝缘
环氧换向器粉云母板	5536-1	B	用于汽车电机和其他小型直流电机换向器的片间绝缘
磷酸铵换向器金云母板	5560-2	H	用于耐高温直流电机换向器的片间绝缘
醇酸衬垫云母板	5730	B	用于电机、电器的衬垫绝缘
虫胶衬垫云母板	5731	B	
环氧衬垫粉云母板	5737-1	B	
磷酸铵衬垫云母板	5760 2	H	用于耐高温电机、电器的衬垫绝缘
醇酸纸云母箔	5830	B	用于 -般电机、电器的卷烘绝缘和磁极绝缘
醇酸纸粉云母箔	5830-1	B	
虫胶纸云母箔	5830	B	
虫胶纸粉云母箔	5831-1	B	
醇酸玻璃云母箔	5832	B	用于要求机械强度较高的电机、电器的卷烘绝缘和磁极绝缘
醇酸玻璃云母箔	5833	B	
环氧玻璃粉云母箔	5836-1	B	
有机硅玻璃云母箔	5850	H	用于H级电机、电器的卷烘绝缘和磁极绝缘
（六）薄膜及复合制品类			
聚酯薄膜	6020	E	可作为低压电机、电器线圈的匝间绝缘、端部包扎绝缘和衬垫绝缘，电磁线的线包绝缘，E级电机的槽绝缘
芳香族聚酰胺薄膜	—	H	可用作F、H级电机的槽绝缘
聚酰亚胺薄膜		C	可用作H级电机和微电机的槽绝缘，电机、电器线圈和起重电磁铁的外包绝缘以及电磁线的绕包绝缘
聚酯薄膜绝缘纸复合箔	6520	E	用于E级电机的槽绝缘和端部层间绝缘
聚酯薄膜玻璃漆布复合箔	6530	B	用于B级电机的槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘，可用于湿热地区
聚酯薄膜聚酯纤维纸复合箔	DMD	B	用于B级电机的槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘，可用于湿热地区
聚酯薄膜芳香族聚酰胺纤维复合箔	NMN	F	用于F级电机的槽绝缘、端部绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘
聚酰亚胺薄膜芳香族聚胺纤维纸复合箔	NHN	H	用于H级电机的槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘

三、槽楔与绑扎材料

（一）槽楔

电机槽楔材料种类有竹槽楔、玻璃布槽楔、胶木板槽楔和磁性槽楔等。竹槽楔价格便宜、硬度和韧性都优于其他质量的槽楔所以用的最为广泛。由于当前电力紧张，电机绕组重绕是一个对电机进行节能改造的最好时机，采用磁性槽楔对老型号电机进行改造是一个较好的方法，国内常用的磁性槽楔有以下几种

1. 铁粉层压板磁性槽楔（又称 349 号导磁板）

它具有较高的抗弯强度及一定的导磁性能和黏合强度，通用性好，其物理特性见表 1-20。

表 1-20　　349 号导磁板物理特性

密　度 (g/cm³)	电阻率 (Ω·m)	抗弯强度（Pa×10⁴）		相对磁导率 (0.8T)
		常　温	热态，130℃	
3.0	1.5×10^{-3}	11 710	4904	2.5

2. 模压磁性材料槽楔

模压磁性材料槽楔分为 MC1 和 MC2 两种。它具有较好的导磁性能、力学性能、介电性能，其物理特性见表 1-21。

表 1-21　　模压磁性材料槽楔物理特性

型　号	密　度 (g/cm³)	电阻率 (Ω·m)	抗弯强度（Pa×10⁴）		相对磁导率 (0.8T)
			常　温	热态，130℃	
MC1	3.4	55×10^{-3}	11 768	3923	3.5
MC2	3.8	55×10^{-3}	11 768	3923	4.5

（二）绑扎材料

1. 定子绕组的绑扎材料

定子绕组嵌线和接线完毕后，必须进行端部的绑扎，其目的主要是增加绕组端部的强度，并固定连接线和引线。散嵌绕组绑扎材料有白布带、线绳或玻璃丝带。大中型电机目前使用化纤绑扎带较多，其性能和应用工艺见表 1-22。

表 1-22　　化纤绑扎带的性能和应用工艺参数

项目与名称	聚酯绑扎带	环氧绑扎带	聚芳烷基醚酚绑扎带	聚胺酰亚胺扎带
胶含量（%） 其中可溶性树脂占总胶量（%）	27±3 97	25±2 93	27±3 —	30±3 —
挥发物（%）	3±0.5	3±0.5	—	—
环抗张力（N/cm²） 常态 热态	80 000～110 000 保留 60%～65% （130℃）	80 000～110 000 保留 60%～65% （130℃）	— >6000 （180℃）	>60 000 >5000 （180℃）
耐热等级	B	F	H	H
储藏期（月） 常态 5℃	3 —	— 1	3 —	3 —
工作预热温度（℃）	80～100	80～100	—	60～100
烘焙固化工艺的温度与时间(℃/h)	1. 80～90/2 2. 110～120/2 3. 130～140/17～20	1. 80～90/2 2. 110～120/2 3. 130～140/17～20	1. 80～90/2 2. 140/2 3. 160/2 4. 180/15～16	1. 80/2 2. 100～120/4 3. 160/2 4. 180/2 5. 200/2

2. 转子绕组的绑扎材料

直流电机和绕线式异步电机动机的转子绕组重绕后，其转子端部必须进行绑扎。除采用定子绑扎材料进行局部绑扎外还需采用钢丝进行绑扎。

（1）钢丝的选择：在绑扎时一般要用原规格的钢丝进行绑扎，若无同规格的钢丝，可用式（1-8）进行选择

$$W_2 = W_1 \frac{d_1^2}{d_2^2} \tag{1-8}$$

式中 W_1——原钢丝匝数；

W_2——改后钢丝匝数；

d_1——原钢丝的直径；

d_2——改后的钢丝直径。

（2）钢丝的拉力：钢丝的拉力见表 1-23。

表 1-23 钢丝拉力表

钢丝直径 (mm)	拉　力 (N)	钢丝直径 (mm)	拉　力 (N)
0.5	118～147	1.0	490～588
0.6	167～196	1.2	637～784
0.7	245～294	1.5	980～1152
0.8	294～343	1.8	1372～1470
0.9	392～441	2.0	1764～1960

第三节　工　　具

一、嵌线工具

1. 滑片（又称划线板）

滑片如图 1-21 所示，常用不锈钢、竹片、红钢纸、尼龙板和胶本布板等制成，其前端载面就呈椭圆形，头部应呈圆弧状，宽度以 20～30mm 为适宜。要磨光滑，厚度合适，以能划入电机线槽内 2/3 处为宜，以便把导线顺入线槽中，不致交叉。滑片还可以迫使堆积在槽口的导线移到槽内两侧，以利于上边的导线入槽。

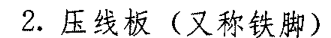


图 1-21　划线板

2. 压线板（又称铁脚）

压线板如图 1-22 所示，一般用黄铜、不锈钢或低碳钢制成，应根据不同电机槽形多备几把。一般的压脚宽度以电机槽上部宽度减去 0.6～0.7mm 为宜，尺寸要合适，表面要光滑，以便于封闭槽口，避免在使用中划伤导线绝缘层。

3. 钢皮滑板（又称撑棒或划针）

钢皮滑板如图 1-23 所示，它是嵌线时的专用工具。一般用不锈钢或粗钢丝制成楔形，大小因不同槽形而异。头部要圆滑，底部要平，用来折合槽绝缘与封闭槽口。

4. 弯口剪刀和刮漆皮刀

弯口剪刀是医用剪刀的一种，因其刀口呈弧形，用于修剪小型电机槽口多余的绝缘和端部相间绝缘纸和其他绑扎材料，非常方便，其外形如图 1-24（a）所示。

刮漆皮刀如图 1-24（b）所示，用钢片片制成，用于刮除漆包线接线部位的漆皮。

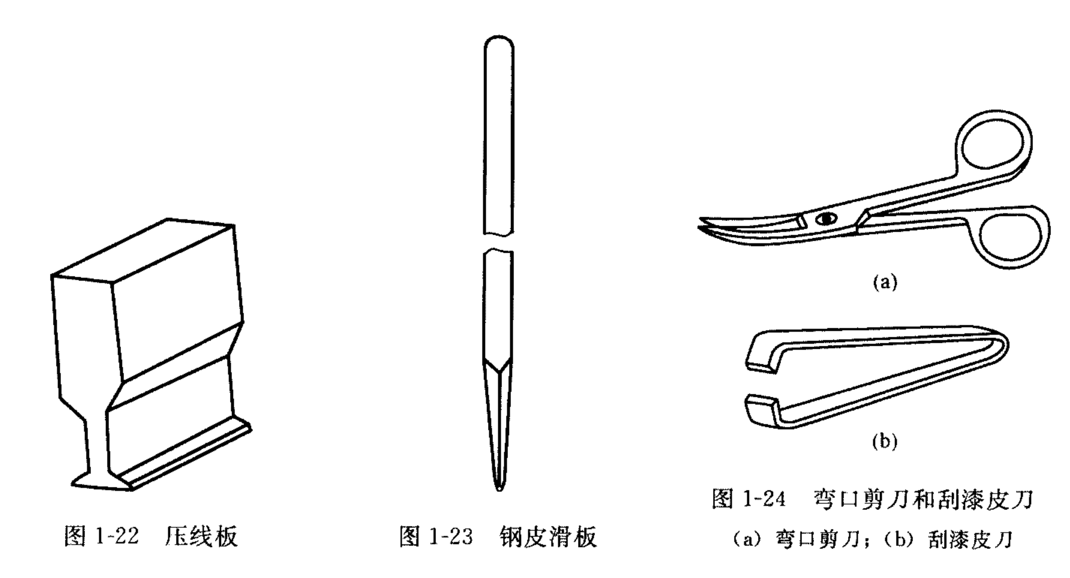


图 1-22 压线板

图 1-23 钢皮滑板

图 1-24 弯口剪刀和刮漆皮刀
(a) 弯口剪刀；(b) 刮漆皮刀

5. 穿线针

穿线针如图 1-25(a)所示，用黄铜丝或较粗的漆包线（直径 2mm 左右）对折后，将两个端头焊在一起。图 1-25(b)是用不锈钢片制成，尖端要磨圆滑。用于穿引绑线或布带。

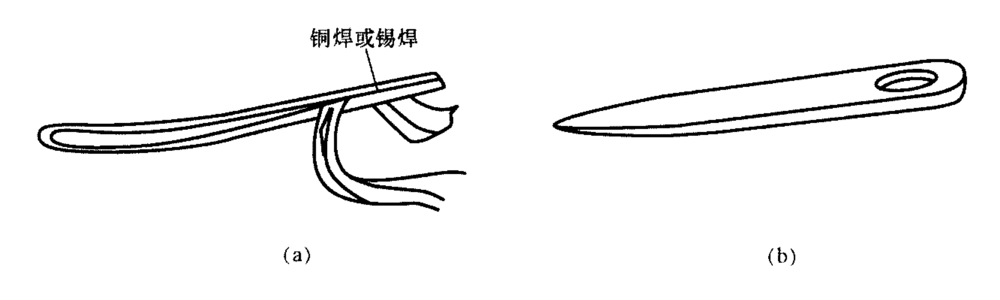


图 1-25 穿线针
(a) 铜丝制穿线针；(b) 不锈钢片制穿线针

二、线模

修理电机时要根据各种绕组的尺寸选择或制作线模。线模的形状一般分菱形和弧形两种，如图 1-26 所示。如果线模选择和制作得太小，端部长度就会不足，嵌线时要发生困难，甚至嵌不下去；反之，线模太大，则浪费导线，绕组的电阻和端部漏抗都增大，影响电机的电气性能和通风，装配时甚至会与端盖相碰，以致碰伤绕组绝缘。因此，选择或制作合适的线模，是电机修理的一个重要环节。

（一）选择线模的方法

选线模的方法有三种（指小型电动机）。

1. 利用旧绕组法

拆线时，一定要拆一个完整的旧线圈。作选用新线模的依据。取出其中最小的一匝，参考它的形状及周长制作线模。如果一相中有几个不同尺寸的线圈，应按照不同尺寸分别做模心。

2. 节距法

用一段导线按规定的节距做成模心的样子（一匝），放在电机槽内测量线模尺寸，端部既不要太短也不要太长，可参考旧线圈端部伸出的长度，以有利于嵌线为宜。

3. 计算法

如遇到机壳无铭牌的电动机，可按下面方法计算线模尺寸。

(1) 菱形线模尺寸的计算。如图 1-26(b)所示，计算前需要测定如下数据：定子铁心内径

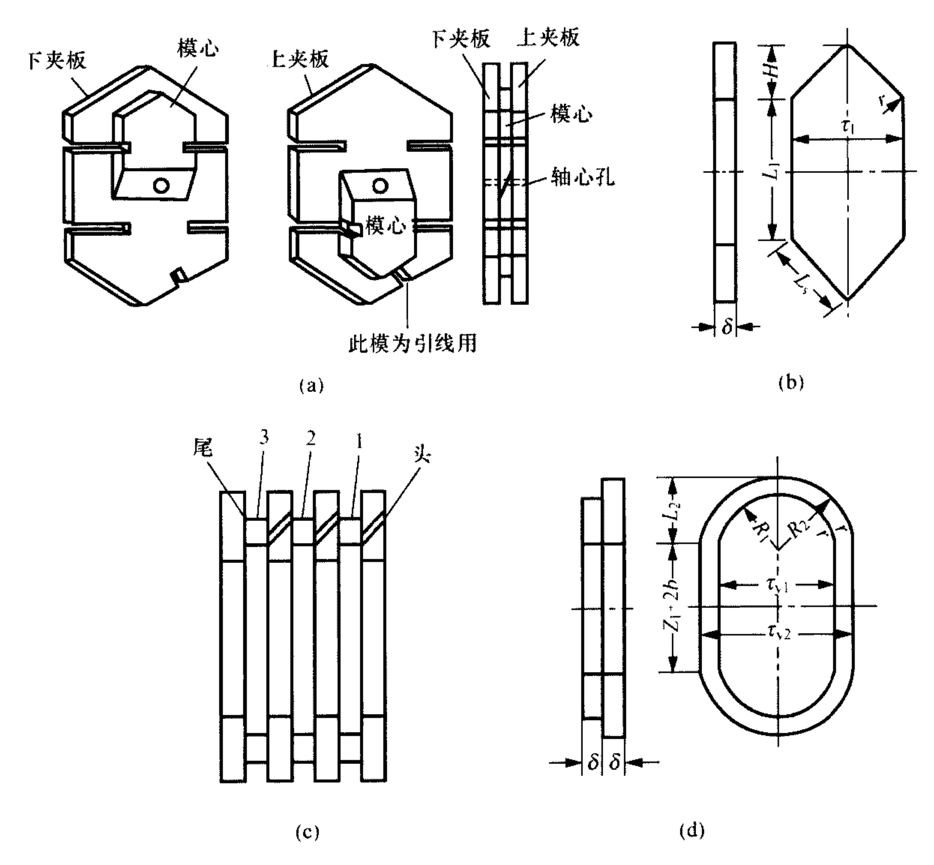


图 1-26　线模

(a) 菱形线模示意图；(b) 菱形线模各部尺寸；(c) 弧形侧面图；(d) 弧形线模各部尺寸

D_{i1}；定子槽的高度 h_s；线圈节距 y；定子槽数 Z_1；定子铁心长度 L；模心宽度 τ_r 为

$$\tau_r = \frac{\pi(D_{i1} + h_s)}{Z_1} y \tag{1-9}$$

模心直线部分长度 L_1 为

$$L_1 = L + 2b \tag{1-10}$$

式中　L——铁心长度；

b——线圈伸出铁心的长度，根据机座号不同，b 值也不同（具体数据见表 1-24）。

表 1-24　　机座号与 b 值

机座号	4 号	5 号、6 号	7 号、8 号	9 号
b 值（mm）	10～15	15	20	25

模心端部斜边的长度 L_s 为

$$L_s = \frac{1}{2} A \tau_r \tag{1-11}$$

式中　A——经验系数，随电动机的极数不同而定，具体数值见表 1-25。

表 1-25　　A 值选取参考表

极　数	2	4	6	8
A　值	1.3	1.35	1.45	1.55

线模厚度 δ 的决定可按式（1-12）近似选取

$$\delta = \frac{2R + b_{s1}}{2} \tag{1-12}$$

式中　R——电机槽底圆弧部分的半径，可按电机槽形直接量取；

b_{s1}——槽口尺寸。

(2) 端部为弧形线模的计算。线模尺寸如图 1-26(d)所示。

端部伸出长度 L_2 为

$$L_2=\frac{\tau_{y2}}{3}-\frac{b_{12}}{2} \tag{1-13}$$

式中　b_{12}——定子槽平均宽度；

τ_{y2}——线模挡板宽度。

圆弧半径 R_1 为

$$R_1=\frac{L_2^2+\left(\frac{\tau_{y1}}{2}\right)}{2L_2} \tag{1-14}$$

模心宽度为定子槽平均宽度，即 $\delta=b_{12}$。通常，计算出线模尺寸后，做出线模，先绕制一只线圈嵌线，查看是否合适，若不合适，再加以修改。

对于绕组均为同尺寸的电机，可用干燥的硬质木材制作做成一个线圈组的线模，这样绕制出的线圈可以省去线圈间的焊接。

(二) 多用活络线模

由于电机种类很多（如图 1-27 所示），修理时需准备各类型的线模，不但费工费料，而且

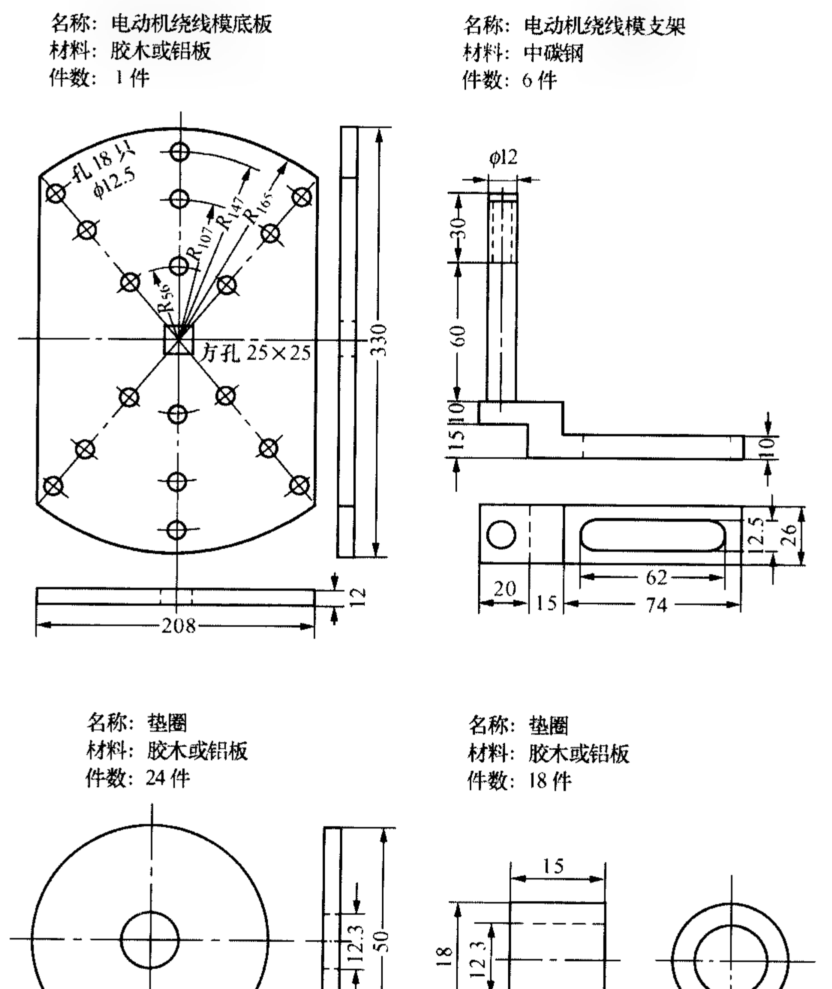


图 1-27　活络线模各部件尺寸

影响修理进度，应用多用活络线模可解决这个矛盾。活络线模使用方便，只需要根据尺寸调节线模上的 6 只螺栓位置就能使用。

0.34～40kW 的电动机绕组，可将活络框架掉头反撑，同样能得到调节，每个极相组几只一联可根据需要任意拆装。其部件尺寸如图 1-27 所示，总装图如图 1-28 所示。

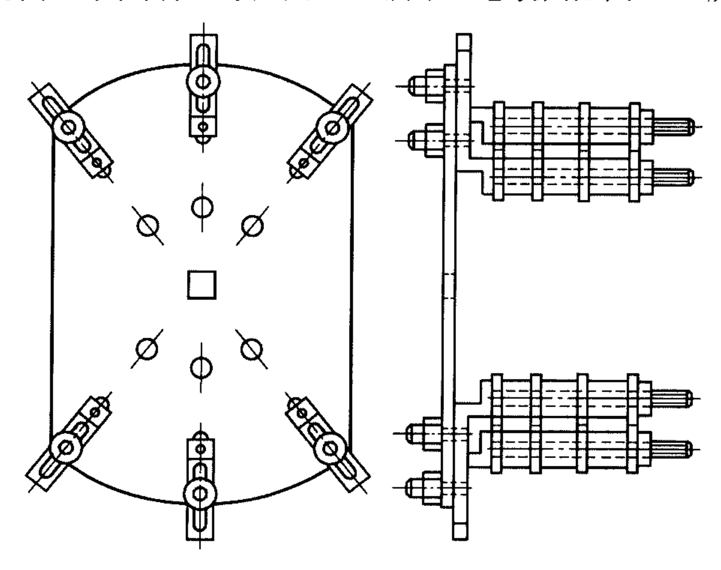
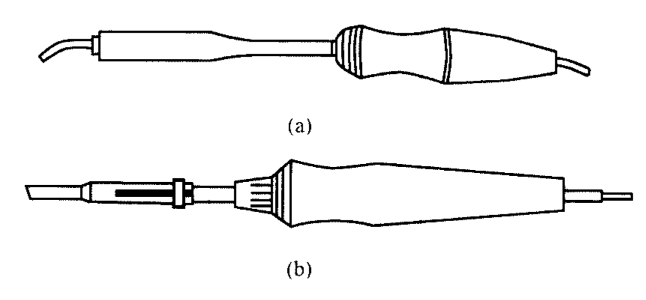


图 1-28　活络线模总装图

三、电烙铁

电烙铁是常用的锡焊工具，它由手柄、外管、电热元件和铜头组成。按铜头受热方式来分，有外热式和内热式两种，如图 1-29 所示。电烙铁的规格以其消耗的电功率表示，通常为 20～500W。



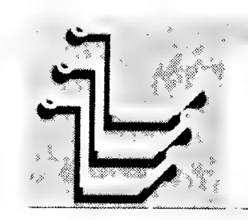
(a)

(b)

图 1-29　电烙铁

(a) 普通电烙铁；(b) 内热式电烙铁

使用电烙铁时，金属外壳必须妥善接地，以防触电。焊接时要选用功率适当的电烙铁，功率过大既费电又容易烧毁元件。



第二章 通用三相异步电动机绕组的重绕与改绕

第一节 定子绕组重绕工艺

一、记录数据

在拆除旧绕组之前，必须详细记录铭牌、绕组和铁心的数据，以便备制线模、绕线嵌线和验算绕组时参考。

1. 绕组数据

在拆除旧绕组前，应查明绕组型式、并绕导线根数、绕组节距、并联支路数、导线直径、每槽导线数、绝缘等级及连接方法等，并绘出绕组展开图及接线图，记下绕组端部伸出长度等。

2. 铁心数据

测出定子铁心外径和内径、铁心长度、定子铁心槽数及槽形尺寸。槽形尺寸可在线圈拆出后，用一张较厚的白纸，放在定子槽口上，然后用手指在纸上按压，使白纸上印有槽形痕迹，再用绘图的分规逐项测出槽形尺寸。

将以上记录的各项数据和铭牌数据填入修理记录单，见表 2-1。

表 2-1 三相异步电动机修理记录单

送修单位：________							
铭牌数据：							
型式	________	功率	________	转速	________	接法	________
电压	________	电流	________	频率	________	定额	________
绝缘	________	出厂	________	制造	________	出厂	________
等级	________	编号	________	厂	________	日期	________

绕组数据：	铁心数据：
绕组型式________	定子铁心外径________
线圈节距________	定子铁心内径________
并联支路数________	定子铁心长度________
导线直径________	定子槽数________
并绕根数________	
每槽导体数________	
线圈匝数________	
线圈端部伸出长度________	

绕组展开图		
接线图	槽形尺寸	线圈尺寸

二、拆除旧绕组

绕组在冷态时很硬，必须采取适当措施后才能将其拆除。通常采用以下几种方法。

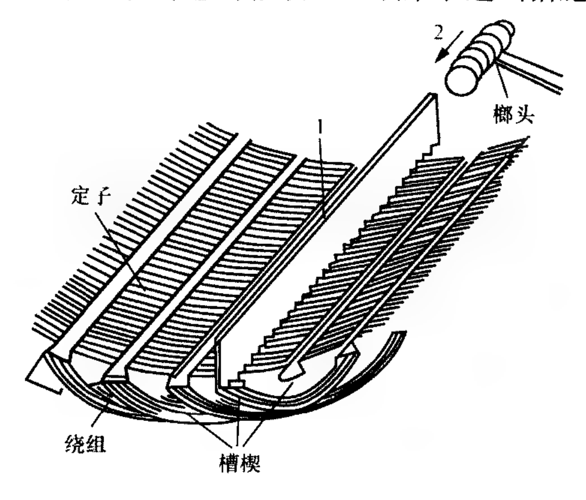


图 2-1 用锯条取槽楔法

1. 通电加热法

通电加热时需将转子抽出，用三相调压器或电焊机向定子绕组通电，其电压一般不超过额定电压的 50%，电流不超过额定电流的两倍。根据设备情况，可以三相绕组一起通电，也可以单相绕组、一个极相组或单个线圈通电。待绝缘软化，绕组端部冒烟时，即可切断电源，打出槽楔，如槽楔不容易取出，可采用如图 2-1 所示的方法将槽楔取出，然后拆除绕组，这种方法适用于功率较大的电动机。如绕组中有短路或断路故障，局部线圈不能加热，可采用涂刷溶剂的办法使绕组绝缘溶化后再拆除。

2. 烘箱加热法

用烘箱加热，也可用煤球炉加热后，拆除绕组。

3. 火烧法

（1）用木柴火烧加热，将电动机定子架空立放，在腔中加木柴燃烧，使绝缘软化烧焦后拆除绕组。

（2）用煤气、乙炔或喷灯加热后，拆除绕组。

采用火烧法时，火势不宜太猛，时间不宜太长，以烧焦绝缘物为止。此法虽简单易行，但会破坏硅钢片表面漆膜，使铁损增大。

4. 溶剂溶解法

用丙酮 50%、甲苯 45%、石蜡 5%配成溶剂。配制时，先将石蜡加热熔化，再加入甲苯，最后加丙酮搅匀即成。使用时，把电动机定子立放在有盖的铁箱内，用毛刷将溶剂刷在绕组上，然后加盖密封，保持 1～2min，待绝缘软化后即可拆除。溶剂价格较贵且有毒，一般用于微型电动机绕组的拆除。

拆除旧绕组时，应保证不损坏铁心。拆完后，一定要清理槽内的残留物，并整理好铁心。

三、绕制线圈

（一）选择线模

在绕制电动机的线圈前，应根据旧线圈的形状和尺寸或根据需要更动的节距来制作或选择线模。其选择、制作和计算方法见第一章第三节。

（二）绕制线圈的方法

在绕制线圈前，必须先搞清楚所要绕制的线圈的极相组数及每相的线圈数。根据线模、线圈型式和工人嵌线的熟练程度，可采用三种方法绕线圈。

（1）一次绕一只线圈。

（2）一次绕一个极相组的线圈，这样在接线时，可减少接头并避免线圈反接的错误。

（3）一次把属于一相的所有线圈连续绕成，中间不剪断，把极相组之间的连线放长一些，并套上套管，这样可省去一次接线工序，也减少了焊头。

绕线时，把导线放在线盘架上，线模固定在绕线机上，便可以开始绕线。较小的线圈可采

用手摇绕线机绕制，如图 2-2 所示；较大线圈或在有一定规模的修理厂，一般用机动或自动绕线机绕制，如图 2-3 所示。

（三）绕制线圈的注意事项

（1）导线应排列整齐，避免交叉混乱，因为交叉混乱会造成嵌线困难，并容易造成匝间绝缘压伤，从而造成匝间短路故障。多根导线并绕时，尽可能地使几根导线同时进入第二层，以保证排列整齐。在选择和制作线模时，应注意使线槽的宽度等于并绕导线直径之和的整数倍。

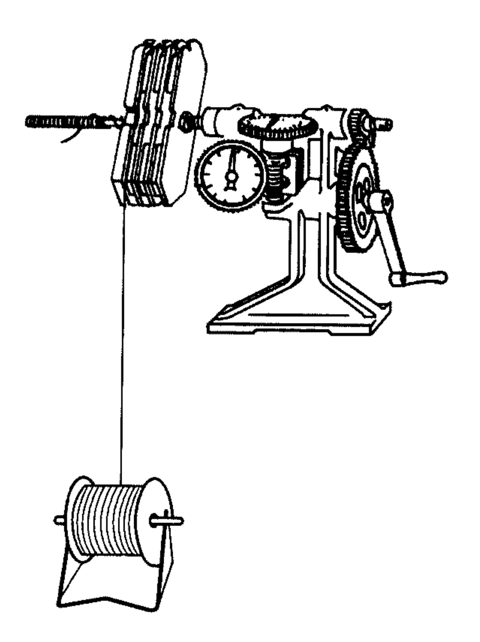


图 2-2 散嵌成组线圈的绕组制

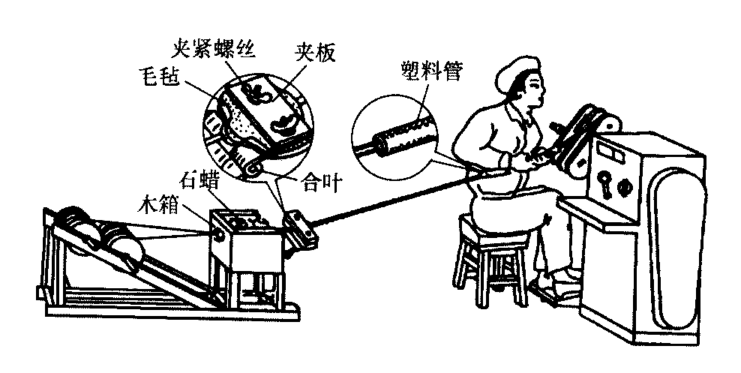


图 2-3 用专用绕线机绕制线圈

（2）导线的直径必须符合原线圈的设计要求，所用导线太粗，会使嵌线发生困难，同时也浪费了导线；所用导线太细，绕组电阻增大，影响电动机性能。已经修过的电动机如发现电动机性能上有弱点，可作适当调整。例如一台异步电动机定子温升过高而空载电流又不大，可略加粗导线直径，减少一点绕组匝数，这样可以适当降低定子温升，又不会使磁路过于饱和。

（3）绕组的匝数要符合要求，不能有差错。特别是大型电动机，若绕组匝数有差错，会直接影响电动机三相电流的平衡。

（4）绕线时必须保护导线绝缘，不允许有破损，否则会造成匝间短路。在绕制过程中，如果遇到导线不够，需要连接时，它的焊接处应选择在线圈的端部，不准选择在线圈的直线边上，否则导线有可能嵌不进槽中，即使能嵌进槽中，一旦因焊接不良而断路时，也不易修理。

（四）不同直径导线的代用

在绕制线圈时，如果没有原线圈规格的导线，可以不同规格的导线并绕。代用并绕导线的截面积应与原线圈导线截面积相等或接近，代用导线的直径为

$$d' = \sqrt{\frac{N}{N'}} \cdot d \qquad (2\text{-}1)$$

式中 d'——代用导线的直径（mm）；

N——原线圈导线的并联根数；

N'——代用导线的并联根数；

d——原线圈导线的直径。

（五）不同金属导线的代用

（1）以铝线代替铜线。铝线的电阻系数为铜线的1.6倍。为了使绕组改为铝线后的电阻值基本保持不变，则必须使铝线的截面积为原铜线截面积的1.6倍。即

$$S_L = 1.6S_T \quad (2\text{-}2)$$

式中 S_L——铝导线截面积，mm^2；

S_T——铜导线截面积，mm^2。

故，代用后铝导线直径为

$$d_L = \sqrt{1.6}d_T = 1.26d_T \quad (2\text{-}3)$$

式中 d_L——铝导线直径，mm；

d_T——铜导线直径，mm。

按式（2-3）求得铝线直径后，如仍按原匝数绕制，可能造成槽满率过高，甚至无法下线。因此在槽满率超过80%时，还必须适当缩小铝导线截面积，并同时相应的降低容量使用。

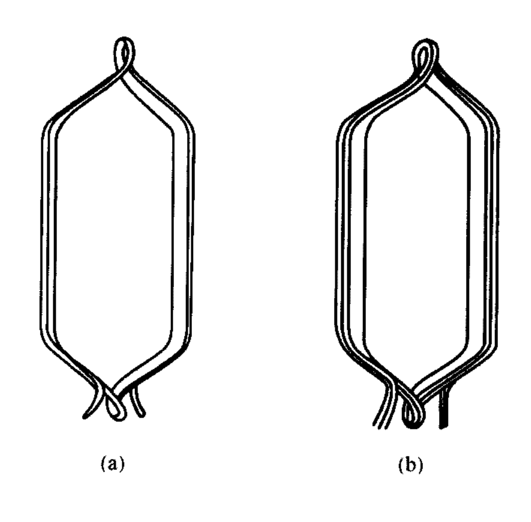


图2-4 框式成型线圈

（a）普通框式线圈；（b）分片的框式线圈

（2）以铜线代替铝线。以铜线代替铝线时，可将代用铜线的截面积缩小。即

$$S_T = \frac{1}{1.6}S_L \quad (2\text{-}4)$$

故，代用后铜线的直径为

$$d_T = \sqrt{\frac{1}{1.6}}d_L = 0.8d_L \quad (2\text{-}5)$$

（六）成型线圈的制作

大、中型交流电动机的定子线圈都做成成型线圈。成型线圈的截面是矩形的，由矩形截面的导线制成。一些大、中型交流电机广泛采用框式成型线圈，如图2-4所示。这种线圈接头较少，尽管每只线圈可能由多匝组成，但每只线圈只留有两个端头在嵌线后连接成绕组。

1. 绝缘处理

（1）股间绝缘：一根有效导体中并联的导体数称股数。功率稍大的电动机，每条支路的电流较大，为了制造方便，常常把一条支路的导体分成数股，这样既便于成型也可减小一些附加铜耗。股间绝缘一般依靠电磁线本身的绝缘层，不必另加绝缘。

（2）匝间绝缘及排间绝缘：线圈匝间绝缘总面积是相当大的，因而出现故障的可能性也比较大。另外线圈制作过程中，经绕线、拉形、复形、烘压、嵌线等过程，均有可能使匝间绝缘受到损伤，而且一旦出现匝间短路故障，会立即扩大故障范围，直至对地击穿。匝间绝缘除了承受额定运行的匝间工作电压外，还会遇到比它大得多的大气过电压和操作过电压，所以，要求匝间绝缘有足够的机械强度和电气强度。

单排线圈只有匝间绝缘；双排线圈除了有匝间绝缘外，还有排间绝缘。排间最大电压等于一个线圈的工作电压，还要考虑上面所述及的过电压，因此绝缘需要加强。匝间绝缘的选择可根据首匝可能出现的最大过电压 U_s 来选择。U_s 值一般应大于匝间工作电压的20倍，但小于 $0.35U_N$（U_N 为电机的额定线电压）。匝间绝缘的典型结构及试验电压见表2-2。

表 2-2　　框式线圈匝间绝缘结构及试验电压

首匝冲击电压 U_s（V）	匝间绝缘结构形式	匝间绝缘双厚度（mm）	试验电压 U_{ef}（V）
500～1000	聚酯漆包双玻璃丝包线	0.5	500
	双玻璃丝包线垫 0.17、5432 粉云母垫条	0.6	
1001～1500	聚酯漆包双玻璃丝包线垫 0.17、5438 粉云母带	0.67	800
	双玻璃丝包线，隔匝半叠包一层 5438 粉云母带	0.7	
1501～2000	聚酯漆包双玻璃丝包线，隔匝半叠包一层 5438 粉云母带	0.8	1000
	双玻璃丝包线，每匝半叠包一层 5438 粉云母带	1.0	

2. 制作方法

框式高压线圈根据不同的绝缘结构形式，采用不同的固化成型工艺，其制作要点如下：

（1）绕线。成型线圈是采用扁导线制造，截面积尺寸一般比较大，需用机动绕线机绕制。先将导线在绕线模上绕成梭形，如图 2-5 所示。在绕制的同时，完成匝间绝缘和排间绝缘的包扎或垫放。鼻端转角处及直线与端部相连的转角等处在以后的拉形工序中易于损伤，因此这几处的匝间绝缘需要加强，可适当增加垫条层数或包扎的层数，或增加机械补强材料（如聚酯薄膜或其他 B 级以上的薄膜材料）。

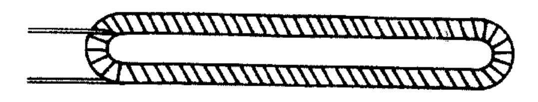


图 2-5　绕好的梭形线圈

（2）拉形。将绕好的梭形半成品基本拉成所需要的形状叫做拉形。拉形应在拉形机上进行，如不具备拉形机，也可制造简便的拉形模，如图 2-6 所示。

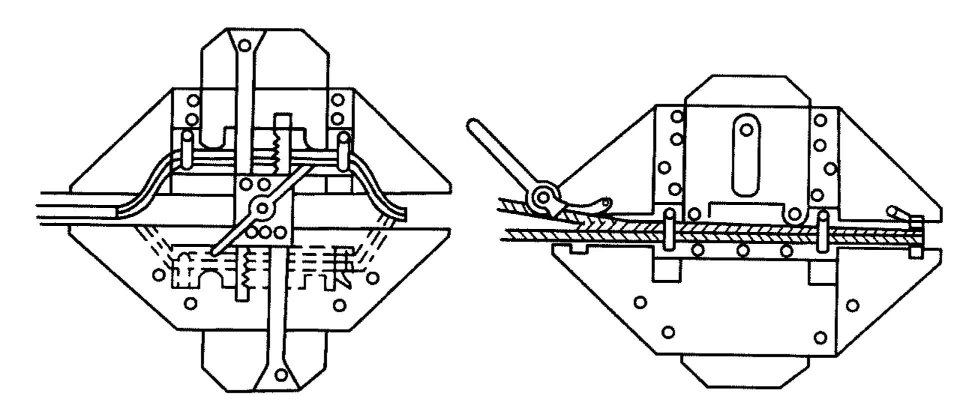


图 2-6　拉形模结构示意图

（3）复形。把线圈端的形状都校准到相同的正确形状，以保证嵌线后定子线圈端部尺寸的正确和整齐。复形工序是在专用复形模上进行的，复形模的外形如图 2-7 所示。

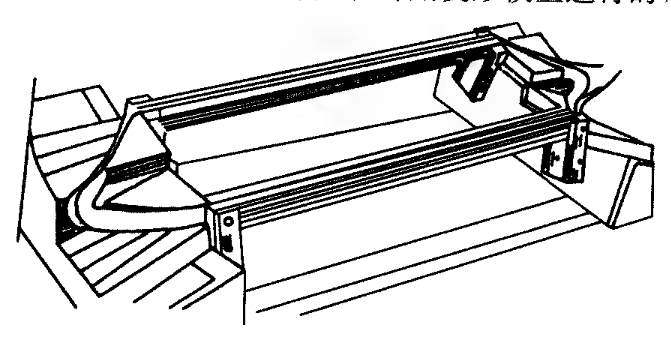


图 2-7　复形模的外形图

（4）股间及匝间胶化。在包扎对地绝缘以前，需对股间及匝间绝缘进行热模压胶化，使其排列整齐，提高机械强度，消除匝间或股间间隙。匝间热模压工艺参数见表 2-3。

（5）包扎对地绝缘。一般采用 25mm 宽的多胶玻璃粉云母带，采用半叠包，搭缝处要均匀、紧密，包扎厚度应考虑压缩量。

表 2-3　　框式线圈匝间热模压工艺参数

股间黏合剂或匝间胶化材料	工艺	热模压工艺参数	
		温度（℃）	时间（min）
双玻璃丝包线带自黏性聚酰亚胺或酯薄膜（导线）	热压，使自黏薄膜黏结	180～190	5～10
匝间包扎环氧玻璃粉云母多胶带	半叠包扎，热压	180～190	5～10

（6）防晕处理。高压电动机的通风口及端部出槽口处附近常发生电晕现象，其后果会使绝缘变脆，加速老化，降低绝缘的使用寿命，因此需要进行防晕处理。其方法是在表面涂半导体漆，或是在绝缘层内部及外部加半导体屏蔽层。

（7）对地绝缘固化成形和耐压试验。对地绝缘包扎完成后，要进行固化成型。其目的是使绝缘固化，把绝缘压紧，符合嵌线尺寸要求。

线圈绕制完后，要进行一系列试验，匝间绝缘的结构及其试验电压见表 2-2。

四、制放槽内绝缘

电动机槽内的绝缘物应按绝缘等级选用，不同绝缘等级的槽绝缘材料见表 2-4。

表 2-4　　不同绝缘等级的槽绝缘材料

型号	机座号	绝缘等级	材　料	总厚（mm）	伸出铁心长度（mm）
JO	3	A	0.1 绝缘纸+0.17 黄蜡布+0.1 绝缘纸	0.37	7.5～10
JO	4～5	A	0.17 绝缘纸+0.17 黄蜡布+0.17 绝缘纸	0.51	7.5～10
JO	6～9	A	0.2 绝缘纸+0.2 黄蜡布+0.2 绝缘纸	0.6	10～15
JO_2	1～3	E	0.27 聚酯薄膜青壳纸复合箔，槽两端褶边，上盖槽盖绝缘	0.27	7.5～10
JO_2	4～6	E	0.27 聚酯薄膜青壳纸云母箔+0.06 聚酯薄膜（或 0.15 绝缘纸）	0.33（0.44）	10～15
JO_2	7～9	E	0.27 聚酯薄膜青壳纸云母箔+0.06 聚酯薄膜（或 0.15 绝缘纸）	0.33（0.44）	10～15
Y	80～112	B	0.30 聚酯纤维聚酯薄膜复合箔（DMD，DMDM）	0.3	7.5～10
Y	132～180	B	0.35 聚酯纤维聚酯薄膜复合箔（DMD，DMDM）	0.35	7.5～10
Y	200～280	B	0.45 聚酯纤维聚酯薄膜复合箔（DMD，DMDM）	0.45	10～15

较老式的电动机槽绝缘的高度超过气隙槽口，嵌线后折入槽中，用槽楔压紧；新型电动机的槽绝缘的高度不高出气隙槽口，在槽楔下加垫条。两端槽口外部的绝缘有三种处理方法，如图 2-8 所示。

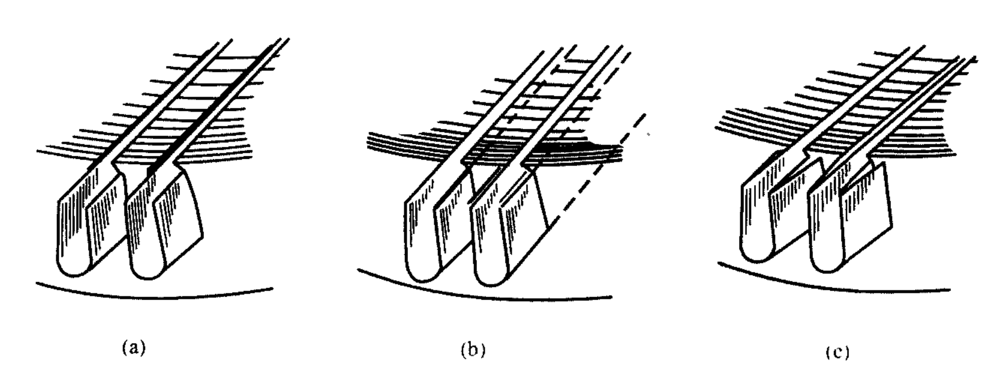


图 2-8　散嵌线圈槽绝缘

（a）不另外加强；（b）反折并伸入槽口；（c）反折加强但不伸入槽口

对于大、中型电动机及高电压电动机，槽绝缘的处理应根据工作电压的高低来选择。不同电压等级的电动机成型线圈的绝缘规范及单边对地绝缘厚度见表2-5～表2-8。

表2-5　500V半开口槽绝缘规范（以漆包扁线或双玻璃丝包扁线的绝缘层作为匝间绝缘，对地绝缘为B级粉云母带）

槽内部分		项号	名称	规格	绕法	宽度（mm）	高度（mm）
槽内部分		1	胶纸	0.05×25	疏绕	0.20	0.1
		2	铜线松散或浸漆量			0.20	0.1x
			一个线圈边的绝缘厚度			0.40	0.1+0.1x
		3	槽绝缘	0.45		2×0.45	3×0.45
		4	槽底垫条				1.00
		5	层间垫条				2.00
		6	装配间隙			0.40	0.40
		7	槽形允差			0.40	0.40
		8	槽口高度				4.00
		槽高方向绝缘所占空间9.35+0.2x　槽宽方向绝缘所占空间2.1					
端线部分		9	无碱玻璃丝带	0.10	半叠包	0.40	0.40
普通线圈		10	线圈公差			0.20	0.05x
		11	铜线松散或浸漆量			0.25	0.10x
			总绝缘厚度			0.85	0.40+0.15x
相边线圈		12	无碱玻璃丝带	0.10	半叠包	0.40	0.40
		13	玻璃漆布带	0.15	半叠包	0.60	0.60
		14	线圈公差			0.20	0.05x
		15	铜线松散或浸漆量			0.25	0.10x
			总绝缘厚度			1.45	1.00+0.15x

注　x—每个线圈边内沿线圈高度的导线根数。

表 2-6　　6000V 开口槽绝缘规范(以聚酯漆包双玻璃丝包线或三玻璃丝包线作为匝间绝缘,对地绝缘为 B 级粉云母带)

槽内部分	项号	名称	规格	绕法	宽度(mm)	高度(mm)
	1	铜线松散或浸漆量			0.20	0.05x
		内部绝缘厚度			0.20	0.05x
	2	云母带	0.14×25	半叠包 10～11 层	4.50	4.50
	3	聚酯薄膜	0.04×25	半叠包层		
		总绝缘厚度			4.70	4.50+0.05x
	4	线圈公差			0.20	0.60
	5	槽底垫条	1.00			1.00
	6	层间垫条	1.50			1.50
	7	楔下垫条	0.5			0.50
	8	装配间隙			0.20	0.50
	9	槽形允差			0.40	0.40
	10	槽口高度				4.00
	槽高方向绝缘所占空间 17.5+0.10x 槽宽方向绝缘所占空间 5.5					
端线部分	11	铜线松散或浸漆量			0.30	0.05x
		内部绝缘厚度			0.30	0.05x
	12	云母带	0.14×25	半叠包 6 层	3.36	3.36
	13	搭接增厚尺寸			1.60	1.60
	14	聚酯薄膜	0.04×25	半叠包 1 层	0.16	0.16
		总绝缘厚度			5.42	5.12+0.05x

注　1. 对 3000V 级的线圈,只需将表中对地绝缘厚度 4.5 改为 2.8;3.36 改为 2;搭接增厚尺寸 1.6 改为 1.0;其余均相同。

2. x—每个线圈边内沿高度方向的导线根数。

表 2-7　　6000V 开口槽绝缘规范(匝间垫云母板,对地绝缘为 B 级粉云母带)

槽内部分	项号	名称	规格	绕法或垫法	宽度(mm)	高度(mm)
	1	云母板	0.17	垫一条		0.17z
	2	铜线松散或浸漆量			0.20	0.05x
		内部绝缘厚度			0.20	0.05x+0.17x
	3	云母带	0.14×25	半叠包 10～11 层	4.50	4.50
	4	聚酯薄膜	0.04×25	半叠包 1 层		
		总绝缘厚度			4.70	4.50+0.05x+0.17x
	5	线圈公差			0.20	0.60
	6	槽底垫条	1.00			1.00
	7	层间垫条	1.50			1.50
	8	楔下垫条	0.50			0.50
	9	装配间隙			0.20	0.50
	10	槽形允差			0.40	0.40
	11	槽口高度				4.00
	槽高方向绝缘所占空间 17.5+0.10x+0.34z。槽宽方向绝缘所占空间 5.5					

续表

槽内部分	项号	名称	规格	绕法或垫法	宽度(mm)	高度(mm)
端线部分	12	云母板	0.17	垫一条		0.17z
	13	铜线松散或浸漆量			0.30	0.05x
		内部绝缘厚度			0.30	0.05x+0.17z
	14	云母带	0.14×25	半叠包6层	3.36	3.36
	15	搭接增厚尺寸			1.60	1.60
	16	聚酯薄膜	0.04×25	半叠包1层	0.16	0.16
		总绝缘厚度			5.42	5.12+0.05x+0.17z

注　1. 对3000V级的线圈，只需将表中对地绝缘厚度4.5改为2.8；3.36改2；搭接增厚尺寸1.6改为1.0；其余均相同。
2. x—每个线圈边内沿高度方向的导线根数。
3. z—每个线圈边内的匝间垫条数。

表2-8　6000V开口槽绝缘规范(隔匝半叠包云母带一层作为匝间绝缘，对地绝缘为B级粉云母带)

槽内部分	项号	名称	规格	绕法或垫法	宽度(mm)	高度(mm)
	1	云母带	0.14×25	隔匝半叠包1层	0.56	0.45z
	2	铜线松散或浸漆量			0.20	0.03x
		内部绝缘厚度			0.76	0.45z+0.03x
	3	云母带	0.14×25	半叠包10～11层	4.50	4.50
	4	聚酯薄膜	0.14×25	半叠包1层	5.26	4.50+0.45z+0.03x
		总绝缘厚度				
	5	线圈允差			0.20	0.60
	6	槽底垫条	1.00			1.00
	7	层间垫条	1.50			1.50
	8	楔下垫条	0.50			0.50
	9	装配间隙			0.20	0.50
	10	槽形允差			0.40	0.40
	11	槽口高度				4.40
	槽高方向绝缘所占空间17.5+0.09z+0.34x。槽宽方向绝缘所占空间6.06					
端线部分	12	云母带	0.14×25	隔匝半叠包1层	0.56	0.56z
	13	铜线松散或浸漆量			0.30	0.05x+0.13z
		内部绝缘厚度			0.86	0.05x+0.69z
	14	云母带	0.14×25	半叠包6层	3.36	3.36
	15	搭接增厚尺寸			1.60	1.60
	16	聚酯薄膜			0.16	0.16
		总绝缘厚度			5.98	5.12+0.05x+0.69z

注　1. 对3000V级的线圈，只需将表中对地绝缘厚度4.5改为2.8；3.36改2；搭接增厚尺寸1.6改为1.0；其余均相同。
2. x—每个线圈边内沿高度方向的导线数。
3. z—每个线圈边内的匝间垫条数。

五、嵌线

对于电机修理不太熟练的人员，在嵌线前应搞清楚绕组展开图，从而找出嵌线工艺的规律。

（一）散嵌绕组

嵌线就是把绕好的线圈放到定子（或转子）槽中。嵌线时应注意线圈的头尾方向，放错了会无法连接，线圈的头尾都应在定子铁心的同一端（靠近接线盒一端）。如遇几只一连的线圈时，为避免线圈之间的过桥线（一个极相组各线圈之间的连线）交叉搞错，线圈在进槽之前，应将头尾一端朝向定子，逐一调头进槽。其嵌线步骤如图 2-9 所示。进槽前先用右手把要嵌的一条线圈边捏扁，捏时还要用左手捏住线圈的一端向相反方向扭转［如图 2-9（a）所示］，使线圈的模外部分略带扭绞形，否则线圈容易松散。线圈边捏扁后放到槽口的槽绝缘中间，在线圈进槽前应在槽内放一层进槽纸，如不用进槽纸，应在槽口临时衬两张薄膜青壳纸，以保护导线不致被槽口擦伤绝缘层，然后左手捏住线圈朝里拉入槽内［如图 2-9（b）所示］。一般线圈边捏得好，一次即可把大部分导线拉入槽内，剩余少数导线可用划线板划入槽内，线圈进槽后，再将进槽纸取出。在嵌线过程中，应小心谨慎，用力适当，不损伤导线的绝缘。导线进槽勿使导线交叉，如上述线圈槽外部分略带扭绞形，但槽内部分必须整齐平行，否则不但不易把导线全部嵌入，而且还会造成导线互相摩擦损伤绝缘。嵌线时要注意槽内绝缘是否偏到一侧，要防止铁心露出与导线相碰，这样易产生接地故障。

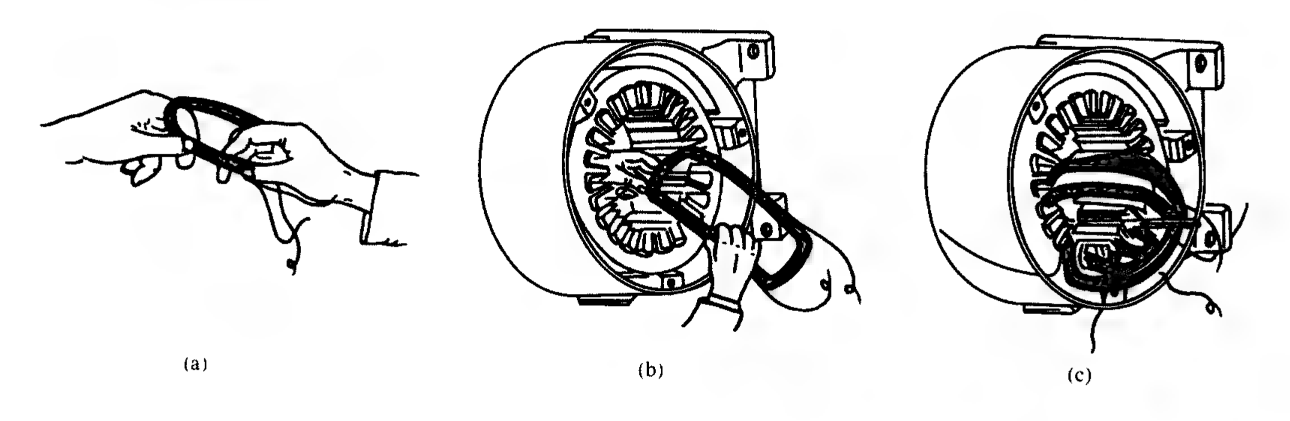


图 2-9　散嵌绕组的嵌线步骤

(a) 第一步；(b) 第二步；(c) 第三步

嵌好一个线圈的一条线圈边后，另一条边暂时还不能落槽，要放在槽口上面，然后线圈边下面要垫一张纸，以免擦伤绝缘。

按上述步骤把线圈依次嵌入槽内，顺序是按线圈落槽边方向逐槽嵌放，暂时不能放进槽的上层边，可搁起或吊起；当嵌到距第一只线圈进槽边正好一个节距时，后嵌的这只线圈的上层边正好落在第一只线圈的下层边上（双层绕组），先将层间绝缘放进槽内，就可将这只线圈的上层边放入槽的上层，用压线板敲平，剪去露出槽口的进槽纸；然后用划线板将槽绝缘两边折拢盖住导线，用竹楔压平，再把槽楔打入槽内压紧。待全部线圈嵌完后，就可把最初几只未进槽的上层边嵌入槽内。

如果是单层绕组，每个槽内只嵌一条线圈边，每嵌好一组（一连）线圈边，应空开一定槽数再嵌第二组。如果每组只有一只线圈，那么，每嵌一条线圈边就应空一槽；其方法同上，只是在嵌到某一线圈，其节距正好距第一支线圈的槽内边前一槽时，可将这个线圈的两个边同时放入槽内［如图 2-9（c）所示］，其余各线圈依次将两条边嵌入槽中，最后可把最初几只未进槽的边嵌入槽内，单层绕组及双层绕组的槽内绝缘示意，如图 2-10 所示。

（二）各种绕组的嵌线方法

1. 单层链式绕组

小型三相电动机（11kW 以下）当每极每相槽数 $q=2$ 时，定子绕组多采用单层链式绕组。以 $Z=24$、$2p=4$、$q=2$、$y=1\sim6$ 为例，定子绕组的展开图如图 2-11 所示。

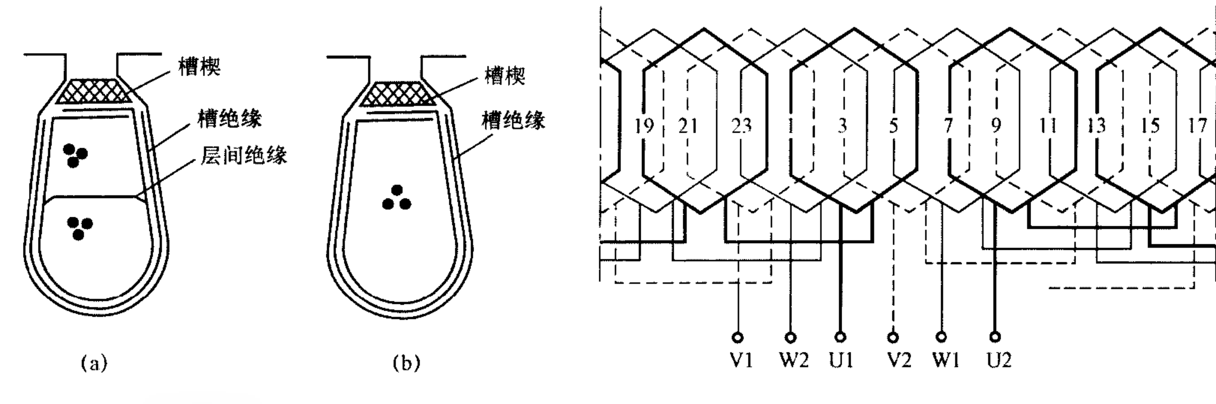


图 2-10　单、双层绕组槽内绝缘示意图
（a）双层绕组；（b）单层绕组

图 2-11　24 槽 4 极散嵌绕组展开图

嵌线步骤为：

（1）先确定引出线的位置，最好在机座出线口的两边，所以嵌第一个槽时，应考虑槽的位置。

（2）先嵌第一相第一个线圈的下层边（因它的端边压在下层，故称下层边），封好槽（即插入竹楔），上层边暂不嵌（这种线圈称吊把线圈）。

（3）空一槽，嵌第二相第一个线圈的下层边，封好槽；上层边也暂不嵌（因 $q=2$，所以吊把线圈有 2 个）。

（4）再空一槽，嵌第三相的第一个线圈的下层边，封好槽；上层边按 $y=1\sim6$ 的规定嵌入槽内，封好槽，垫好相间绝缘。

（5）再空一槽，嵌第一相的第二个线圈的下层边，封好槽；上层边按 $y=1\sim6$ 规定嵌入槽内，封好槽，垫好相间绝缘。

（6）这样继续按第二相、第三相空一槽下一槽的方法，轮流将第一、二、三相的线圈嵌完，最后把第一相和第二相的上层（吊把）嵌入，整个绕组就全部嵌完了。

2. 单层交叉式绕组

小型三相电动机（11kW 以下）当 $q=3$ 时，定子绕组采用单层交叉式绕组。

以 $Z=36$、$2p=4$、$q=3$、$y=\begin{cases}1\sim8/1\\1\sim9/2\end{cases}$为例，其定子绕组的展开图如图 1-9 所示，嵌线步骤为：

（1）选好第一槽的位置。

（2）先嵌第一相的两个大线圈的下层边，封好槽，两个上层边暂不嵌（吊把）。

（3）空一槽，嵌第二相小线圈（单圈）的下层边，上层边也暂不嵌。

（4）再空两个槽，嵌第三相的两个大线圈的下层边，封好槽，并按 $y=1\sim9$、$y=2\sim10$ 的要求，把上层边嵌入。

（5）再空一槽，嵌第一相小线圈下层边，然后按小线圈的节距 $y=1\sim8$，把上层边嵌入槽内。

(6) 再空两槽，嵌第二相的两个大线圈。再空一槽，嵌第三相的小线圈，按上述方法，把第一、第二、第三相线圈嵌入槽内，最后把吊把线圈嵌入槽内。

3. 单层同心式绕组

小型电动机（11kW以下）当 $q=4$ 时，定子绕组可采用单层同心式绕组。

以 $Z=24$、$2p=2$、$q=4$、$y=\begin{cases}1\sim12\\2\sim11\end{cases}$ 为例，定子绕组展开图如图2-12所示。

(1) 选好第一槽的位置，先嵌第一相小线圈的下层边，再嵌大线圈的下层边，两个上层边不嵌。

(2) 空两个槽嵌第二相线圈的小线圈和大线圈的下层边，上层边也暂不嵌。

(3) 再空两槽，嵌第三相线圈的小线圈和大线圈的下层边，并按节距 $y=2\sim11$ 和 $y=1\sim12$，把两个上层边嵌入槽内。

(4) 按空两个槽嵌两个槽的方法，按顺序把其余的线圈嵌完，最后把第一、第二相吊把线圈的上层边嵌入槽内。

4. 双层叠绕组

参照本节散嵌绕组方法进行。

5. 成型线圈嵌线

成型线圈的定子槽形大多数是矩形的，而槽口的形状有开口槽、半开口槽和半闭口槽3种。采用开口槽时，线圈可从槽口径直放入，下线方便，绝缘也不易损伤。有时为了减少电动机的附加铁耗而选用半开口或半闭口槽。采用半开口槽的线圈做成两排导体平放，并可分别下入线槽。槽口的宽度只需要稍大于一根导体的宽度，下线时分两次由槽口径向嵌入槽内，几个元件边的下线次序如图2-13所示。这种线圈大多数用于500V以下的电机。半闭口槽定子线圈下线时必须从轴向穿入，因此，绕组须做成半组式或直线部分与端线部分分开的结构。如果是半组式，有一端的端部要等线圈的直线部分穿入槽以后才能成形，给下线带来很多麻烦，因此这种结构国内已不多见。

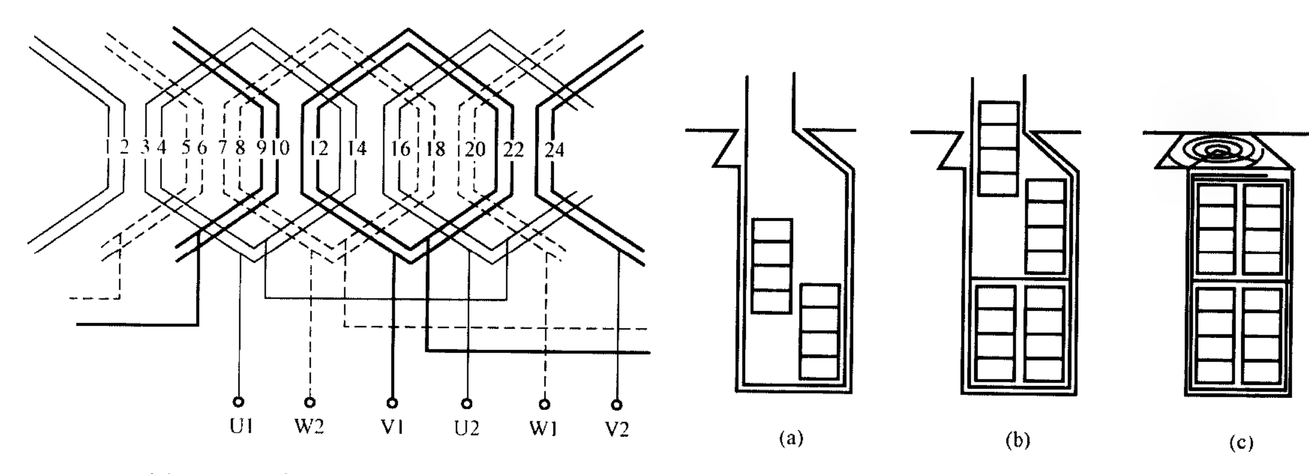


图2-12 24槽2极定子绕组展开图

图2-13 半开口槽定子绕组的下线次序
(a) 下层线圈分两次嵌入；(b) 上层线圈分两次嵌入；(c) 封闭槽口

六、接线

(一) 绕组（线圈）的连接

绕组嵌好后，要进行端部接线，使之成为一个完整的三相绕组。

1. 极相组的连接

极相组内线圈的连接（也叫小连），必须保证线圈中的电流方向相同，所以这些线圈应采用“正串”接法，即头接尾、尾接头。

2. 相绕组的连接

属于一相各极相组的连接（也叫大连），其方法有两种。

（1）显极连接法。在三相定子绕组中，每个极相组之间相差120°电角度，如任意确定一个极相组为U相中的第一个极相组，这个极相组与相邻的第二个极相组相差120°电角度，与相邻的第三个极相组相差240°电角度，而与第四个极相组是相差360°电角度，即等于零度。由此看出，第一个极相组与第四个极相组在相位关系上是相同的，因此，1～4、4～7、7～10、…是一相绕组。

把极相组按照1～4的连接关系，彼此连接起来，并使相邻的两个极相组里通过方向相反的电流，其接法采用头接头，尾接尾的方法（反串）。这种产生反极性磁极的连接叫三相绕组的显极连接法，如图2-14所示。

（2）隐极连接法。把极相组之间相互连接起来，并使它们所产生的磁性全是同性磁极的连接方法叫三相绕组的隐极连接法。极相组之间按1～4的连接关系，连接方法为头接尾，尾接头（正串），如图2-15所示。

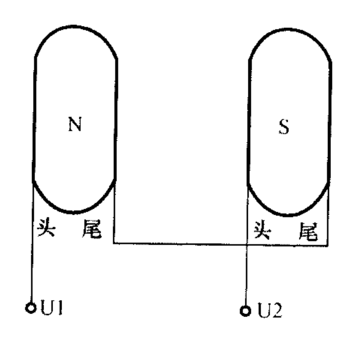


图2-14　绕组的显极连接法

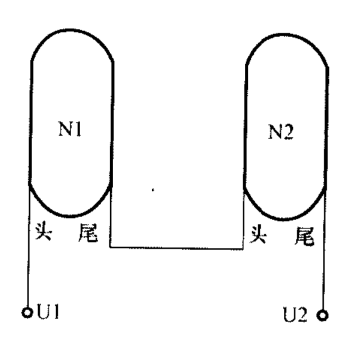


图2-15　绕组的隐极连接法

（二）绕组圆形接线图

在电机修理工作时，为了清楚地看出各极相组之间的连接方式，常采用一种简化的圆形接线图。画圆形接线图时，不管每极每相有几个槽，或一个极相组内有几个线圈，每个极相组都用一个带箭头的圆弧短线（或小矩形）来表示，箭头表示电流的方向，如图2-16所示。

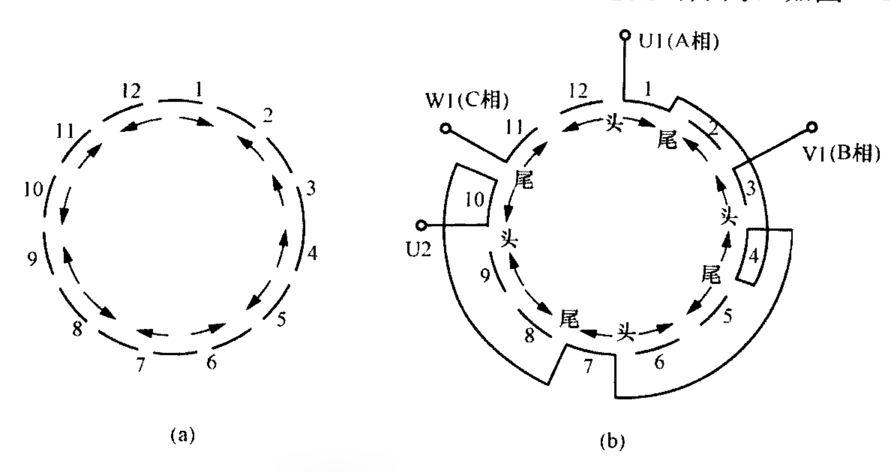


图2-16　三相4极圆接线图U相的画法

1. 圆弧线段数量的确定

圆弧线段的数量就是一台电动机极相组数（显极接法）。如三相 4 极电动机的圆弧线段数为相数乘极数，即 3×4＝12；三相 6 极为 3×6＝18。其线段数量等于相乘积数。

2. 依次给线段编号

三相 4 极电动机，线段数为 12 个，以相序为 A、C、B 、A、…的次序排号即 1 为 A 相、2 为 C 相、3 为 B 相、4 为 A 相、5 为 C 相，…（A、B 、C 相号可不标在图上）。这样 1、4、7、10 为 A 相，2、5、8、11 为 C 相，3、6、9、12 为 B 相。

3. 三相绕组的始端相隔 120°电角度

如果以极相组 1 的始端为 A 相的始端 U1，则极相组 3 的始端为 B 相的始端 V1，极相组 5 的始端为 C 相的始端 W1。

4. 按“反串”的方法把 A 相 4 个极相组连接起来

按“反串”的方法把 A 相、C 相连接起来，即成为一个完整的三相绕组，如图 2-16 所示。

5. 绕组圆接线图实例

绕组圆接线图实例如图 2-17～图 2-33 所示。

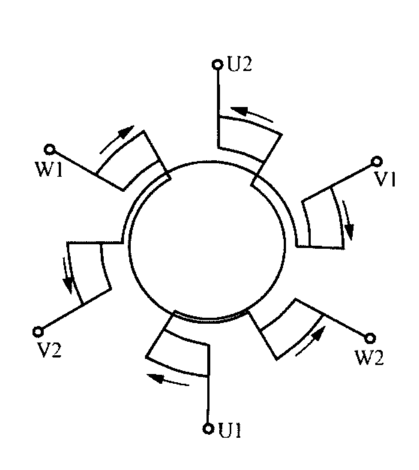


图 2-17　三相 2 极一路接线图

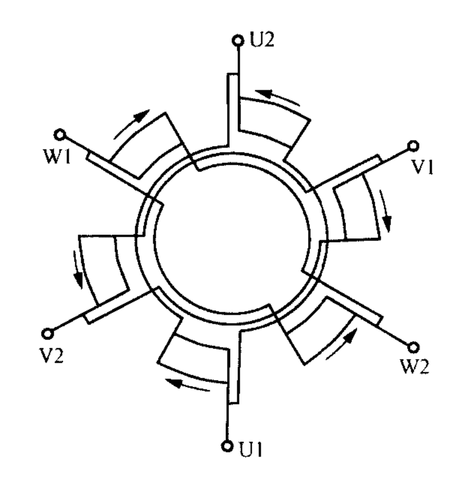


图 2-18　三相 2 极二路接线图

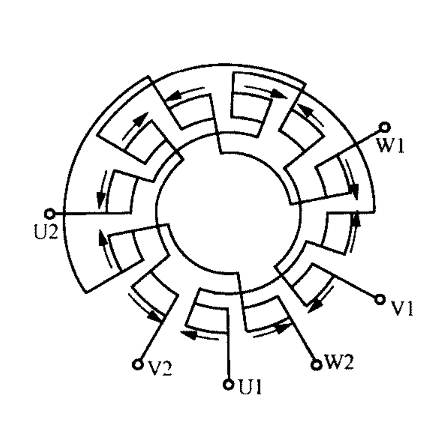


图 2-19　三相 4 极一路接线图

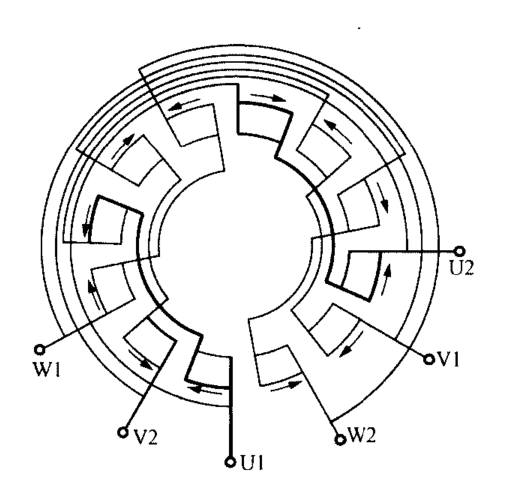


图 2-20　三相 4 极二路接线图

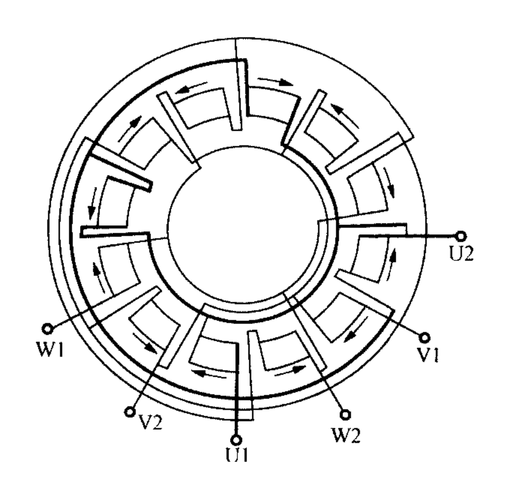


图 2-21 三相 4 极四路接线图

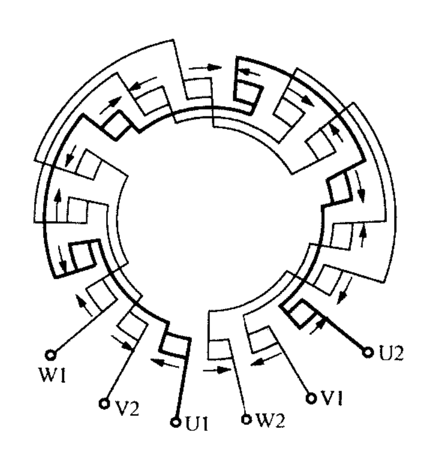


图 2-22 三相 6 极一路接线图

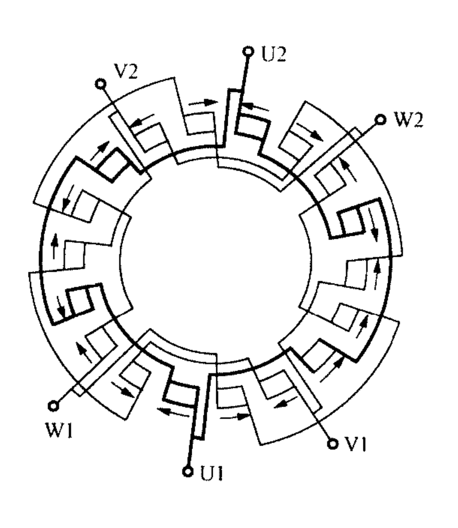


图 2-23 三相 6 极二路接线图

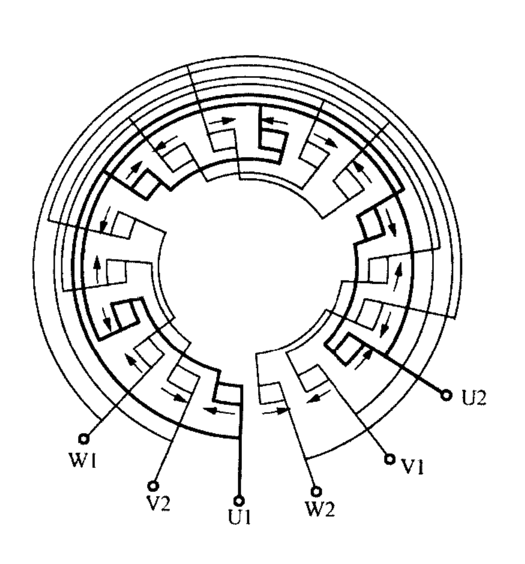


图 2-24 三相 6 极三路接线图

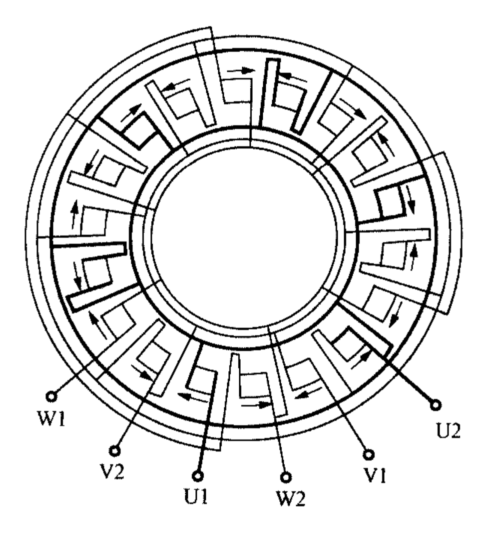


图 2-25 三相 6 极六路接线图

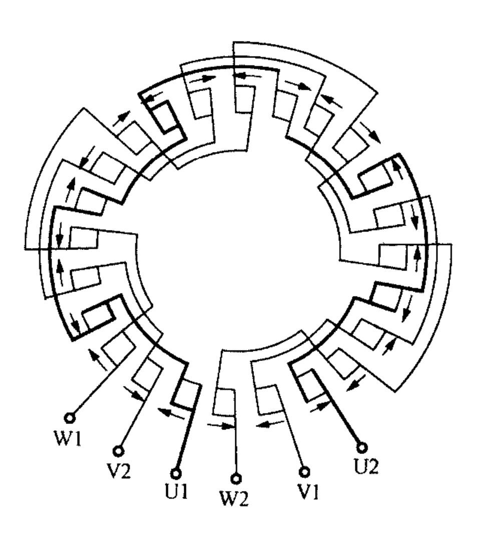


图 2-26 三相 8 极一路接线图

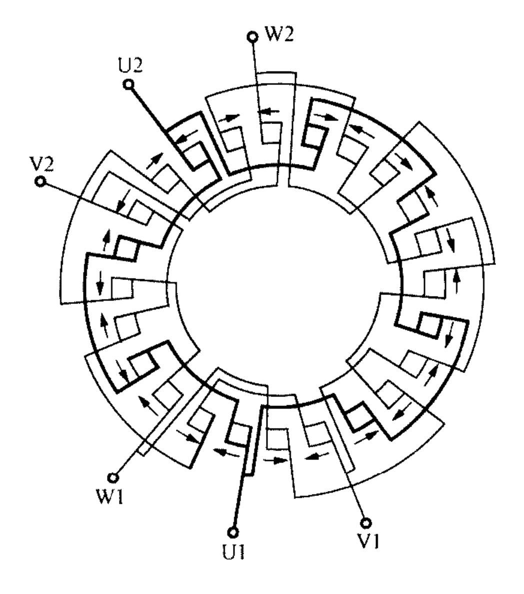


图 2-27　三相 8 极二路接线图

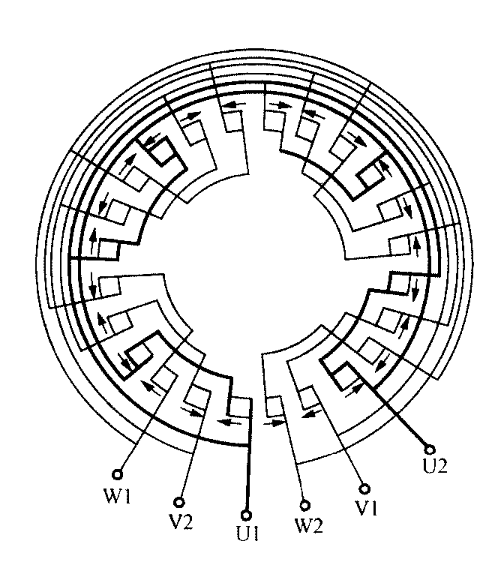


图 2-28　三相 8 极四路接线图

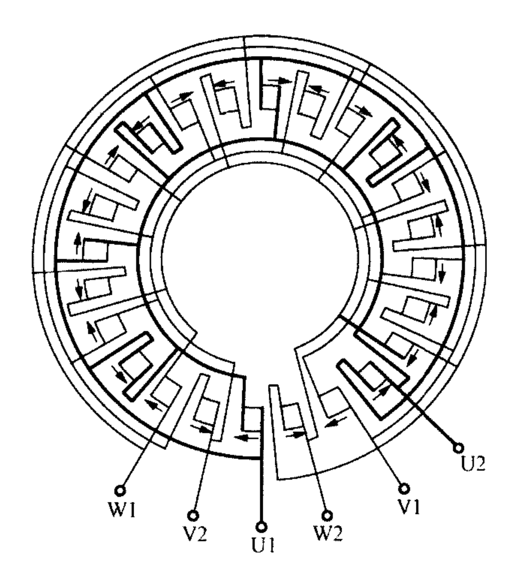


图 2-29　三相 8 极八路接线图

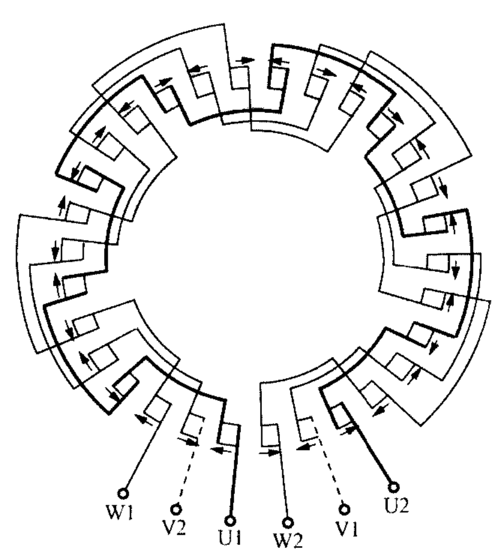


图 2-30　三相 10 极一路接线图

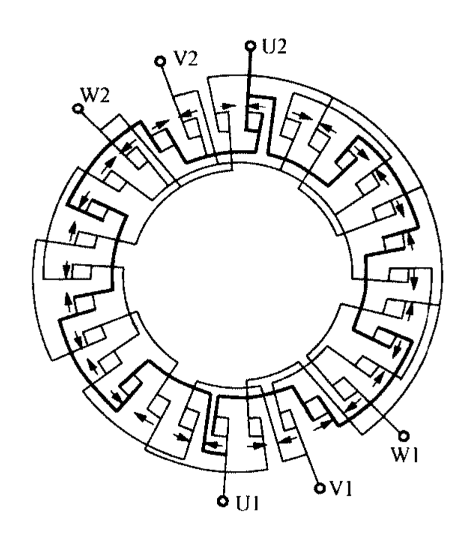


图 2-31　三相 10 极二路接线图

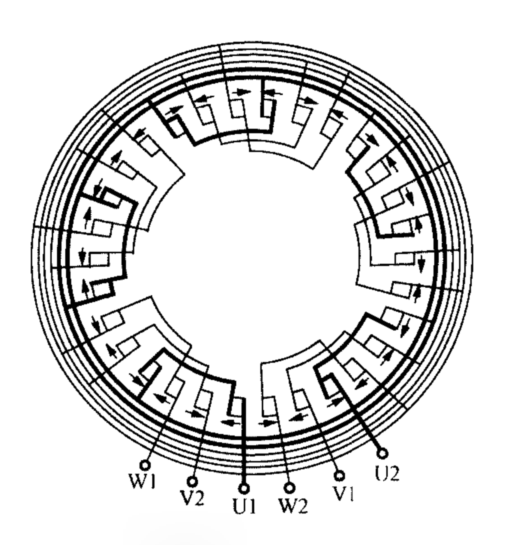


图 2-32　三相 10 极五路接线图

（三）并联支路的连接

极相组间并联的条件是绕组感应电动势的大小及相位都要相同，并联支路中绕组数相等，常用的并联支路的接法有两种。

1. 短跳路接法

以 36 槽 4 极电动机 A 相为例，说明两路并联（$a=2$）的接法。采用短跳法时，由相邻的同相极相组串联成为同一支路，把 U 相中 1～4 串联成一路，7～8 串联成另一路，然后两路并联，如图 2-34 所示。

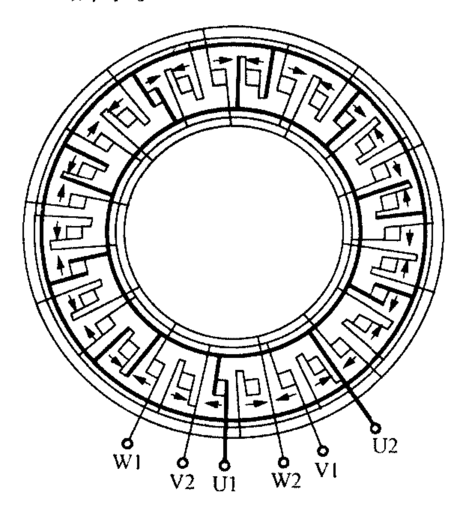


图 2-33　三相 10 极十路接线图

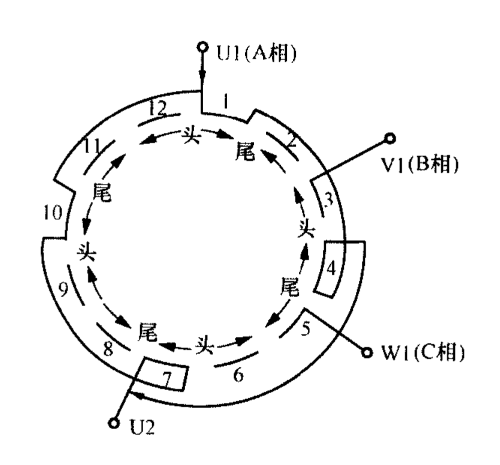


图 2-34　三相 4 极电动机 U 相绕组两路并联短跳接法

2. 长跳接法

由非相邻的极相组串联成同一路。如图 2-35 所示，U 相中把极相组 1～7 串联成一路，4～10串联成另一路，按这种接法时，极相组处于同极性下，所以先按“头接尾”的原则串联，再两路并联。

在一般多路情况下，最好采用短跳接法，接线短，又省料。但是，要改变极数或并联支路数时，为了避免引起支路内电动势不等，就得采用长跳接法。

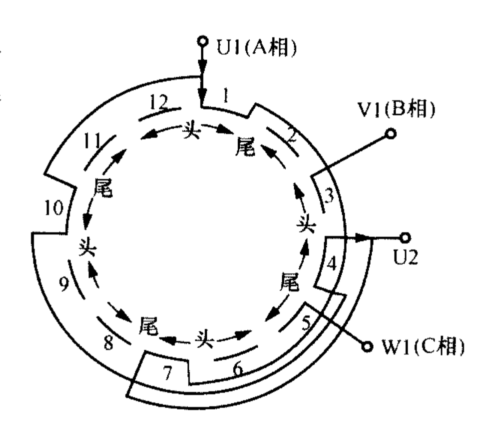


图 2-35　三相 4 极电动机 U 相绕组两路并联长跳接法

七、线头的焊接

在连接绕组之前，可按圆形接线图中箭头的方向简单地搭绞在一起，并仔细检查一遍是否有错误，在确定连接正确的情况下，可进行接头的焊接。

（一）焊接前的准备工作

1. 配置套管

一般线圈引线的套管在绕线时已套上（一次绕一个线圈的可在接线时套上），接线时可根据情况适当修剪一下长短，并串套上长度为 40～80mm 较粗的套管，如图 2-36 所示。套管一般用玻璃丝漆套管，而不用聚氯乙烯套管，因该套管耐温低，电动机温升较高时，容易引起短路故障。



图 2-36　引线套管

2. 刮净线头

漆包线可用双面刮刀刮净线头上的绝缘漆，在拉刮时不断转动方向，使圆铜线周围都能刮净。

3. 搪锡

成形绕组或较粗导线绕成的线圈的线头一般在绕完后就要进行搪锡，以保证焊接质量。

（二）线头的连接

线头的连接形式很多，一般锡焊采用以下几种连接方法。

1. 铰接

如果导线较细，可将线头直接铰合，如图 2-37 所示。

2. 扎线

适用于较粗导线的连接。扎线一般用 0.3～0.8mm 的铜线扎在线头上，如图 2-38 所示。

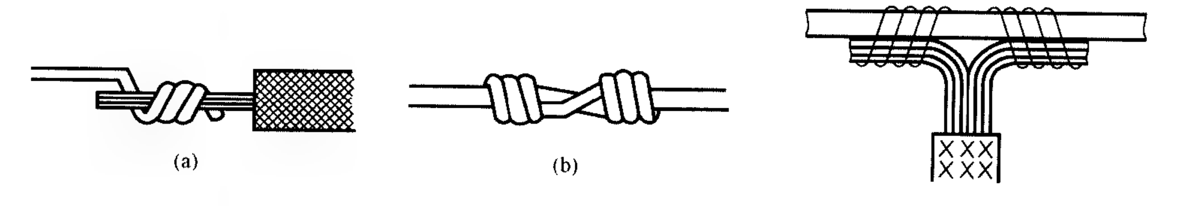


图 2-37　线头的铰接

图 2-38　用扎线连接

3. 并头套

扁线或扁铜排的连接一般用 0.5～1.0mm 的薄铜片制成的套管（俗称并头套），在连接前并头套应搪锡，然后套在线头上。为了减小间隙，应在缝隙中或两线头之间打入搪过锡的铜楔子，然后焊接。

（三）端部连接线的排列

待连接线焊接完毕并套好套管后，将各连线理顺并排列整齐。小型电动机视包头的大小可布置在绕组端部的外侧或顶部，与端部一起统包，如图 2-39 所示。

中型电动机连接线较粗，可以把连接线扎在端部的顶上，如图 2-40 所示。

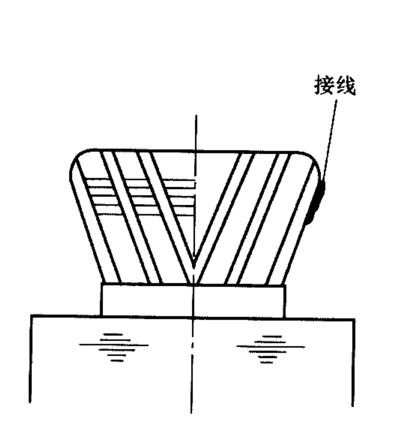


图 2-39　接线扎在绕组外侧

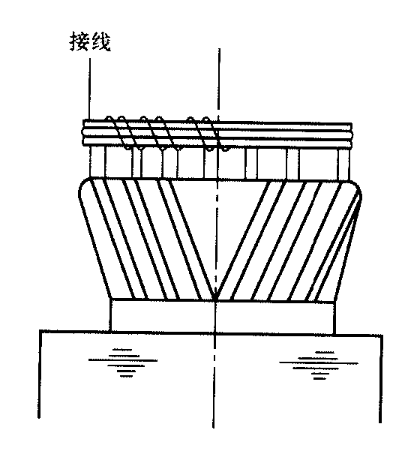


图 2-40　接线扎在绕组顶部

（四）连接线的焊接方法

1. 银铜焊和磷铜焊

这种焊接方法适用于电流大，工作温度高，可靠性要求较高的场合。焊接设备可用乙炔氧气焊、对焊机或点焊机加热，也可用炭精钳加热。由于磷本身有去氧化作用，铜焊时不需要焊剂；如采用银铜焊，焊接时要涂上硼砂。

焊接时为防止烧伤线头附近的绝缘可在线头的附近裹上浸水的石棉绳，要防止焊剂、焊料掉到线圈缝内。

2. 锡焊

这种焊接方法操作方便，接点牢靠，且工作温度不高。常用的锡焊材料是铅锡合金，含锡越高，流动性越好，但工作温度越低。使用焊剂时，严禁使用盐酸加锌的溶液。

（1）烙铁焊。常用的烙铁有火烧烙铁、电烙铁等。锡焊时，先在接头处刷上一层焊剂，再将搪适量锡的烙铁放在线头下面，当焊剂沸腾时，快速地将焊锡条涂在烙铁及线头上。烙铁离开后，趁热迅速擦去多余的锡，若有凸出的锡刺，应设法去掉，同时防止熔锡掉到线圈缝里。在选用烙铁时要注意电烙铁的容量，如容量选的太小，不但不易焊牢接头，而且容易烤焦线头附近的绝缘。

（2）浸焊。中型电动机的绕组式转子或定子，采用扁铜线或铜排绕制线圈的线头适于用浸焊。如修理焊接转子并头套时，可将转子吊起来立放，用扇形勺逐个对线头浸套，如图 2-41 所示。

（3）炭精加热锡焊。适用于引线头等局部焊接，如图 2-42 所示。

3. 电弧焊

如果导线较细，可以直接用电弧熔焊。这种方法不仅节省焊剂，而且又快又方便。一台 1.5kVA 的小型低压变压器和一只炭棒（旧干电池中的炭棒即可）即可焊接。焊接前先将电流调节到需要的范围内，然后将炭棒轻触线头，这时炭棒与线头间将产生强烈的电弧，电弧迅速将线头牢固的熔化在一起，如图 2-43 所示。

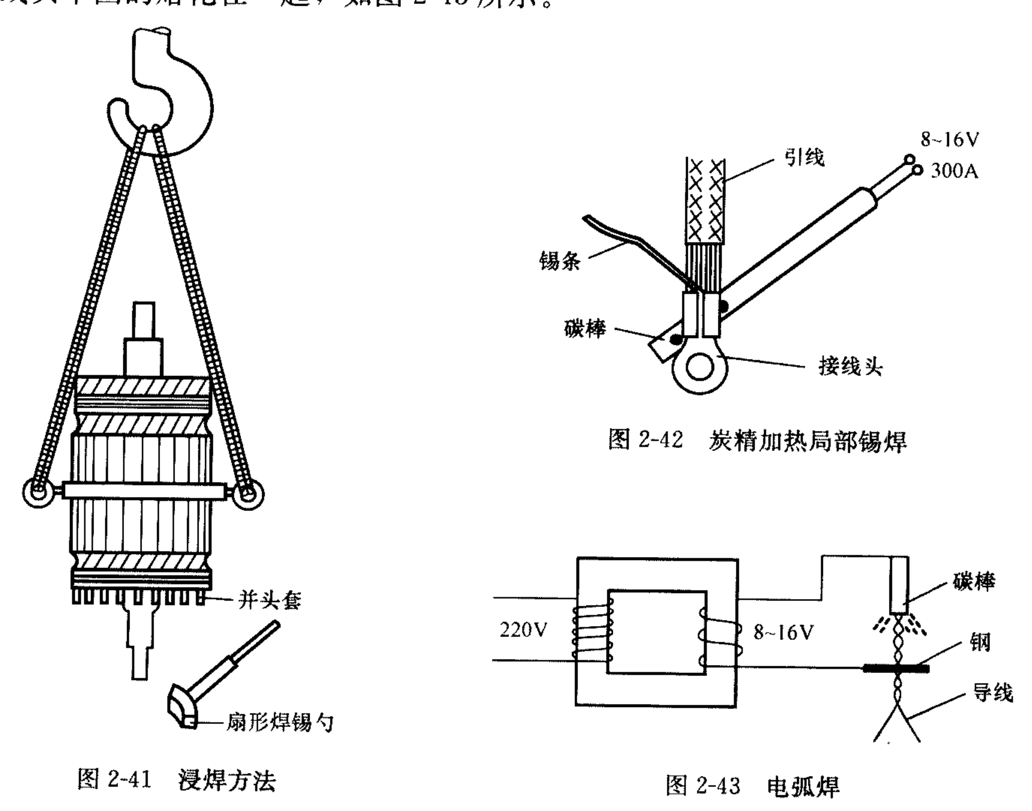


图 2-41　浸焊方法

图 2-42　炭精加热局部锡焊

图 2-43　电弧焊

（1）铝—铝焊。铝—铝线头的焊接有如下两种方法。

1）炭阻焊。利用炭精棒的高电阻在焊接时产生高温使铝熔化后端部凝成小环状结块而焊合。它适于圆形铝线 ϕ0.8～1.68mm 的接头，焊接工具是一台变压器和自制的手焊钳。焊接前，先将铝导线的漆膜（或氧化膜）去除干净。把导线拧成绳状后，用剪刀将端部剪平，涂上铝焊粉（硼砂 95%，氯化钠 4%，氧化锌 1%）。调节变压器二次侧电压（一般为 6V），当焊钳上两炭精棒接触通电烧红时，将铝线端头熔化，使之缩成小球状结块而焊合，如图 2-44 所示，

炭棒以选择电阻系数大的硬质电刷为宜。

2）气焊。线头的处理方法同炭阻焊相同，焊接时在接头上涂少量调成糊状的铝焊药，用乙炔进行气焊。气焊时宜选用较小的焊枪和喷嘴，采用中性焰（氧气和乙炔的体积比为 1∶3）在还原燃烧区进行焊接，如图 2-45 所示。焊接时加热要集中、快速。

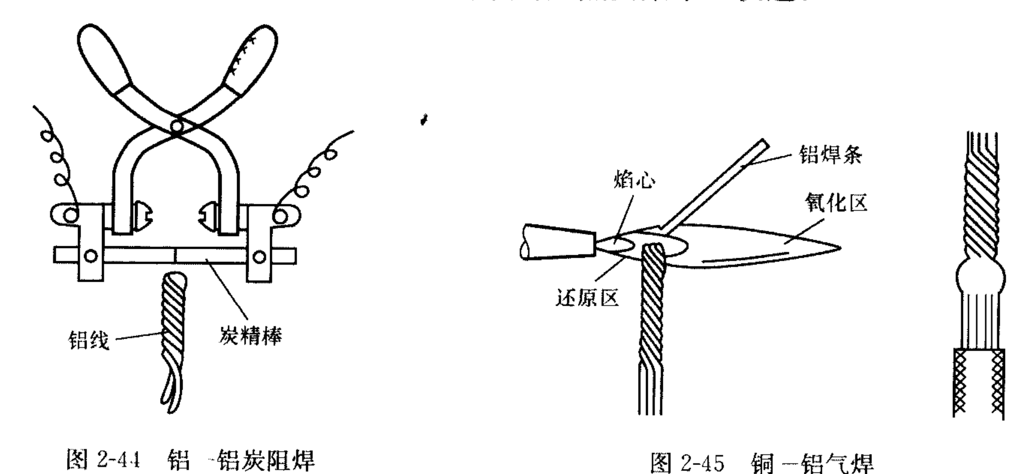


图 2-44 铝－铝炭阻焊　　图 2-45 铜－铝气焊

（2）铜—铝焊法。铜—铝焊接有如下两种方法。

1）锌铅焊。其焊料成分含铅 5%、锌 95%，溶剂用松香 50%、无水酒精 50%的溶液。焊接时，可采用炭精加热法进行。

2）气焊。焊前将铜线线心搪锡成一整体，铝线表层清除干净。先将多股铝线的端头焊成球形，然后加少量铝焊药烧焊，先烧铝线端头，待熔化时，将预热的铜线头对准铝线头进行焊接。

八、绑扎与整形

定子绕组嵌线和接线完毕后，必须进行端部的绑扎，其主要目的是增加绕组端部的强度并固定连接线和引线。

散嵌绕组可用白布带（线绳或玻璃丝带）进行，绑扎时应注意相间绝缘的位置不要变动；绑扎后应检查相绕组之间是否有相碰的现象。

成型绕组端部的绑扎如图 2-46 所示，其绑扎材料用涤纶护套玻璃丝绳。这种绑扎方法工艺简单，质量可靠。其特点是：每个线圈均与前后两个线圈扎牢，经绝缘处理后，端部即成为坚硬的整体。涤纶绳的直径为 ϕ10～22mm，按电动机尺寸大小选用。

最后要进行整形（大、中型电动机在嵌线时就应注意整形），散嵌绕组的整形方法如图2-47

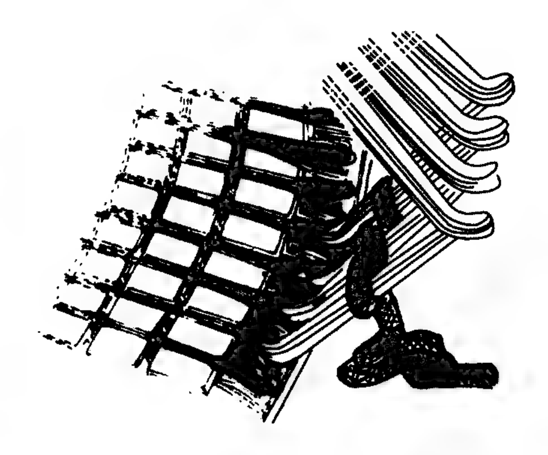


图 2-46 成型绕组端部绑扎

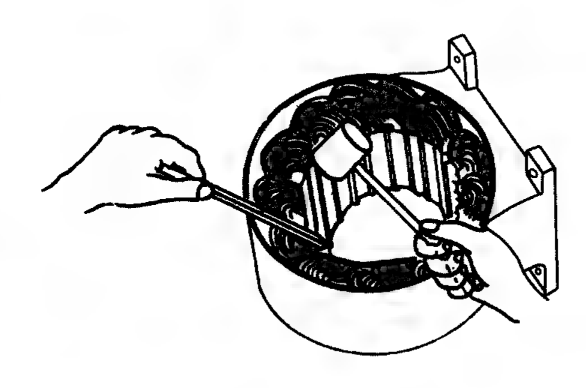


图 2-47 散嵌绕组端部的整形方法

所示，可用敲棒（木棒或竹棒）将绕组端部整形。先把绕组外圆敲平直，再把内圆敲成内小口大的喇叭口形。敲时用力要轻巧均匀，敲成的喇叭口要注意不能碰触端盖。

第二节　绕线转子绕组的重绕工艺

绕线转子绕组的重绕工艺与三相定子绕组的重绕工艺基本相同，本节主要介绍两者的不同之处。

一、记录数据

除定子绕组所要记录的各种数据外，绕线转子的绕组展开图一定要做好记录并画清楚。因为绕线转子绕组的连接方法不像定子绕组那么容易掌握，且应在引线位置上做好记号，以防三个引线不对称。

二、旧绕组的拆除

散嵌绕组的旧绕组拆除与定子绕组相同，插入式绕组的拆除方法如下：

先将导线拗直后剥掉两端绝缘物，用一台低压变压器将其二次线圈用钳子接到导线两端，将变压器的电源合上，直至导线稍有暗红色为止。导线发热时将绝缘物烧坏，所以可迅速轻松地拉出导线。加热用的变压器容量要选择得当（可在 10kV・A 左右），变压器二次绕组可根据加热绕组的截面，临时穿入合适的导线和匝数，这样做可有多种用途。

三、线圈的绕制

1. 散嵌式绕组

由于转子绕组承受离心力的作用，在选用漆包线时应选用漆膜软化击穿性能较好的漆包线，并用热态黏结力较强的浸渍漆，使绕组黏结成为一个整体。

散嵌绕组的绕制方法，见本章第一节中定子散嵌绕组的绕制。

2. 插入式绕组

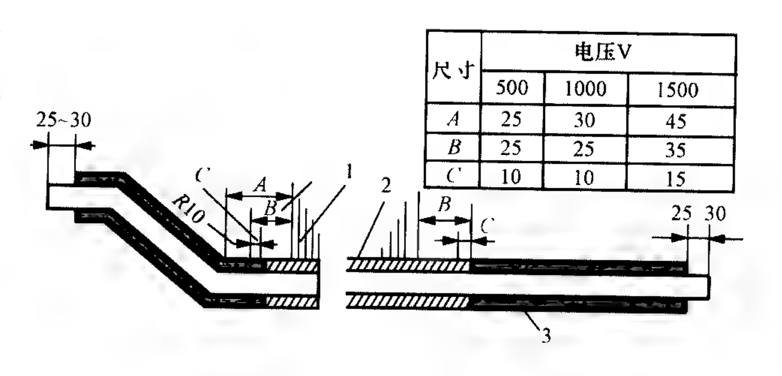


图 2-48　插入式绕组

1—铁心；2—直线段绝缘；3 -端部绝缘

插入式绕组大多采用裸扁铜线，先将线棒的一端弯曲成形（即半匝成形线圈），并包上直线部分的绝缘，再绕包两个端部的绝缘，在线棒插入槽内后将其另一端弯曲成形，直线部分和端部绝缘的搭接尺寸要严格控制，以保证线棒能顺利插入槽内，如图 2-48 所示，常用的线棒绝缘结构见表 2-9。

表 2-9　　插入式绕组的绝缘结构

部位	绝缘结构					特点
	类别	绝缘材料	用于各种电压等级的层数或厚度			
			500V	1000V	1500V	
直线部分	1	0.17 薄膜玻璃粉云母箔（卷烘）①	$3\frac{1}{2}$层	$4\frac{1}{2}$层	$5\frac{1}{2}$层	电气强度高
	2	0.15 粉云母箔 0.10 玻璃胚布 }（卷烘）	$2\frac{1}{2}$层 $3\frac{1}{2}$层	$3\frac{1}{2}$层 $3\frac{1}{2}$层	$4\frac{1}{2}$层 $4\frac{1}{4}$层	机械强度高

续表

部位	类别	绝缘材料	用于各种电压等级的层数或厚度 500V	1000V	1500V	特点
直线部分	3	0.14 环氧玻璃粉云母带半叠包（烘压）②	2 层	3 层	4 层	无需烘卷设备
	4	粉末树脂涂敷（直线部分和端部一次涂敷）	单面厚度 0.5mm	—	—	生产效率高需专门设备
	5	水乳性改性聚酯电泳涂漆（直线部分和端部一次涂敷）	单面厚度 0.2～0.3 mm	—	—	生产效率高需专门设备，电气强度低
端部	1	0.15 玻璃漆布带半叠包	1 层	2 层	2 层	绝缘电阻较低
	2	0.17 薄膜玻璃粉云母带半叠包	1 层	$1\frac{1}{2}$层③	2 层	绝缘电阻较高
	3	0.13 玻璃片云母带半叠包	1 层	2 层	2 层	可靠性高
	以上三种形式外面均半叠包 0.1 玻璃丝带		1 层	1 层	1 层	

① 卷烘指需热卷包后冷压，卷包机的温度应使云母黏合剂呈胶体状态，热卷时间 10～30s，云母箔和胚布一次卷成。

② 烘压指绕包后，需热压固化。

③ 卷烘绝缘的“$\frac{1}{2}$”层指重叠在宽边；半叠包绝缘的“$\frac{1}{2}$”层指平包一层。

四、嵌线及接线

小型绕线式转子的槽形通常是半闭口梨形槽，其嵌线及接线均可参照定子绕组进行。

大、中型电动机的转子槽形，一般为闭口矩形槽，大多采用插入式绕组。插嵌时，在转子槽底放入槽底垫条及槽绝缘纸（槽内绝缘的材料和尺寸，应按绕组拆除时的记录进行），按记号找到出线位置，一般是从集电环端将转子线棒插入槽内，先插入底层线圈，并以此线圈作为第一个线圈，按展开图所画出的各相转子线圈沿逆时针方向依次插入转子。最后一节距的线圈若不能从下层插入就从上层插入，然后落到下层。下层边全部插好后在线棒的中间和弯好的一端各加一道临时的扎线，然后将轴伸端下层边线棒的端部弯曲成型。

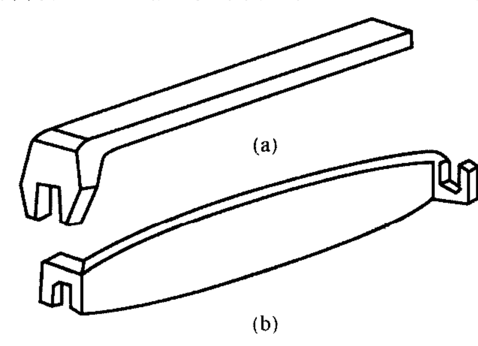


图 2-49　弯曲线棒的扳手
(a) 扳手 a；(b) 扳手 b

弯曲线棒时需要用两个扳手，如图 2-49 所示。左手拿扳手 a，用扳手的口子套住伸在槽外线棒的直线段，并使线棒保持在直线位置，扳手 b 握在右手也套住线棒，并紧靠扳手 a 的口子，用扳手 b 将线棒端部逐步弯成 120°角。待所有下层边端部（包括连接端）全部弯好后，在线棒的端部加绕两道临时扎线，用木锤轻敲线棒末端，使其紧贴在槽底和线圈支架上，并将端部理齐。这时可拆除临时扎线，在下层线圈部分放好以玻璃丝带扎紧的层间绝缘板，并放入绝缘垫条。

插入上层线棒，将线圈涂上石蜡按顺时针方向从轴端插入槽内。嵌好后加几道临时扎线，并用细铜丝临时连接各个线圈的接头，以便检查其对地绝缘是否良好，然后修整，使上下层线圈端部接头对齐。

嵌线完毕后，打入槽楔，此时要注意槽楔下的垫片不要鼓起损坏。转子端部的绝缘包括线圈支架的绝缘和层间绝缘，常用的绝缘结构的类型如图 2-50 所示。

绕线式转子的接线必须按绕组展开图进行，常用的转子波形绕组展开图及其连接方法及接

线规律如图 2-51～图 2-56 所示。

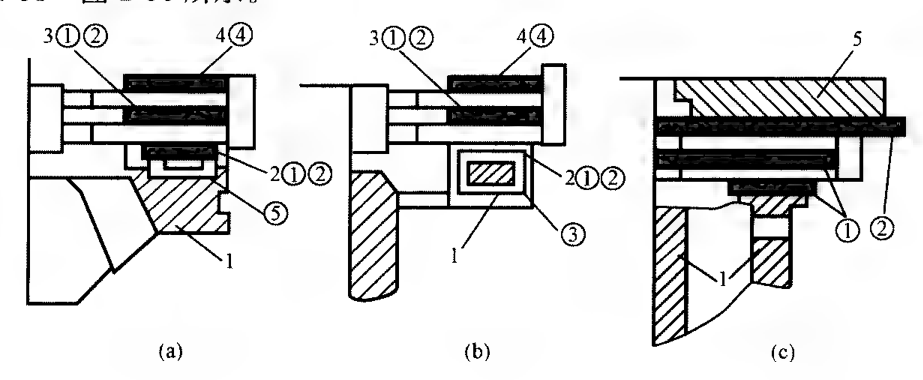


图 2-50 绕组端部绝缘结构型式

(a) 较小转子；(b) 中型转子；(c) 高速大型转子

1—支架；2—支架绝缘；3—层间绝缘；4—绑箍；5—护环

①—玻璃丝带；②—0.5mm 玻璃布夹云母板；③ 玻璃漆布带；④—绑扎带；⑤—玻璃丝带

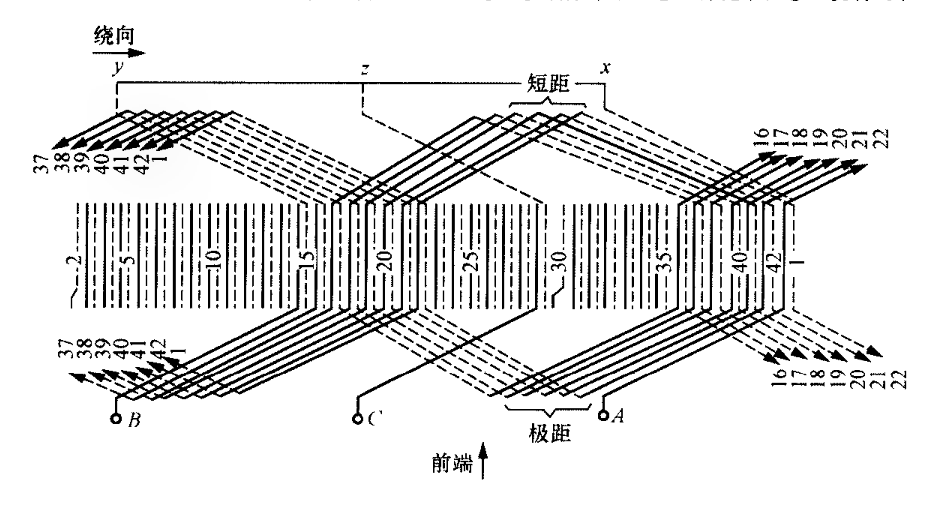


图 2-51 42 槽 2 极波形绕组展开图

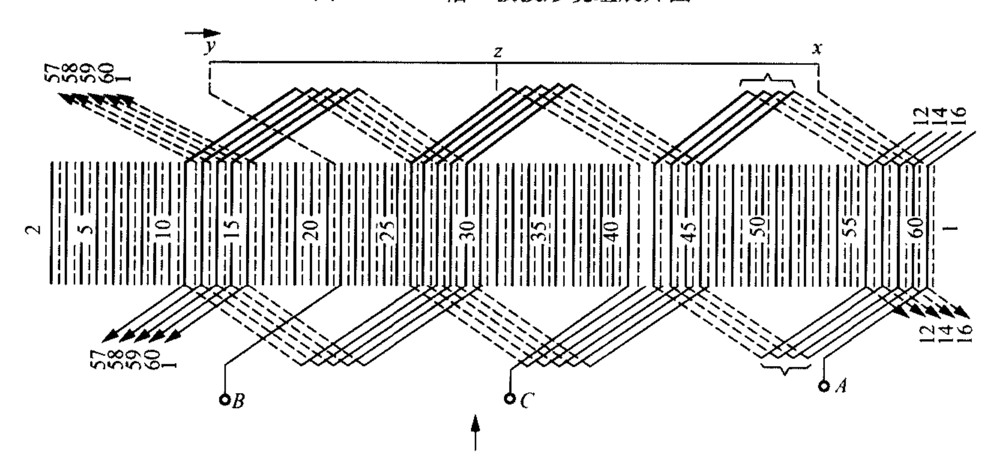


图 2-52 54 槽 4 极波形绕组展开图

五、转子端部的绑扎

绕线型转子在运行时，绕组端部承受较大的离心力，此绕组端部必须绑扎牢固。绑扎工作可以在车床上或简易的架上进行，如图 2-57 所示。绑扎前必须在转子绕组绑扎的部分先卷上一层厚 0.3～0.5mm 的绝缘纸板，纸板的宽度应比绑后的钢丝部分的宽度大 20～30mm；钢丝必须扎紧，而且要一匝一匝地排列整齐，避免发生弯曲重叠现象。绑扎完后用钢片将钢丝夹

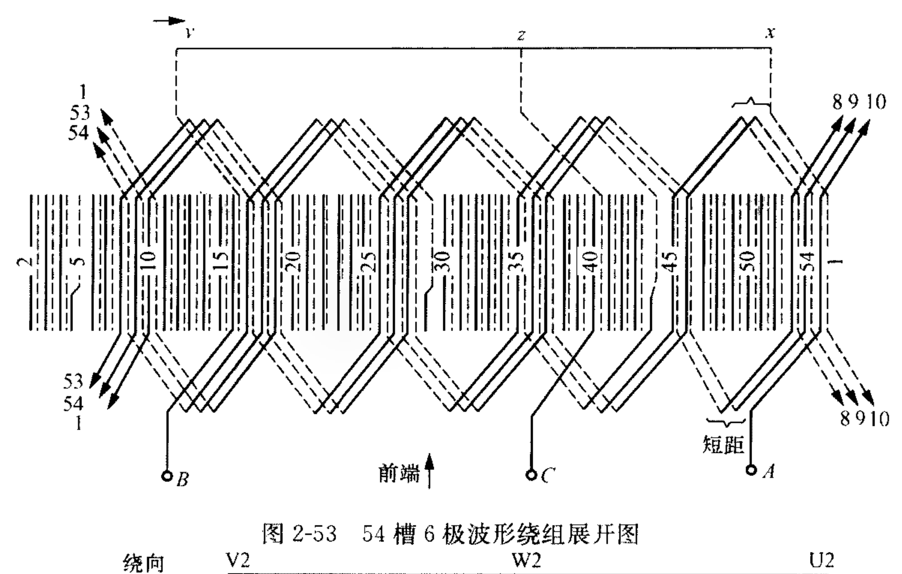


图 2-53　54 槽 6 极波形绕组展开图

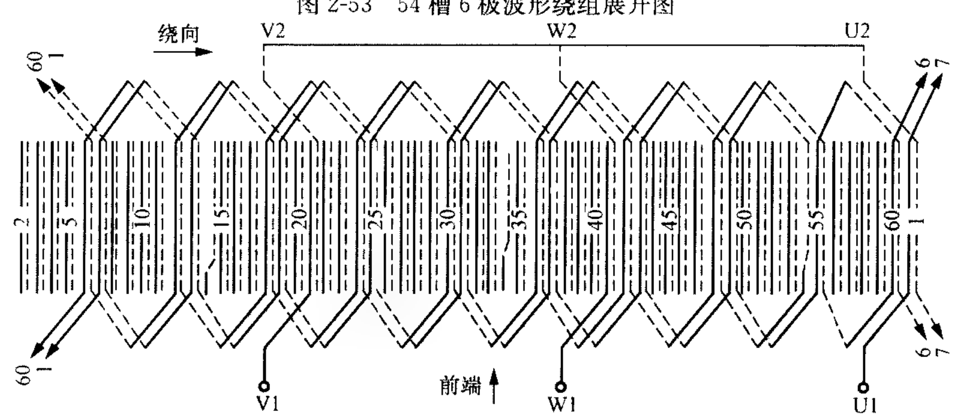
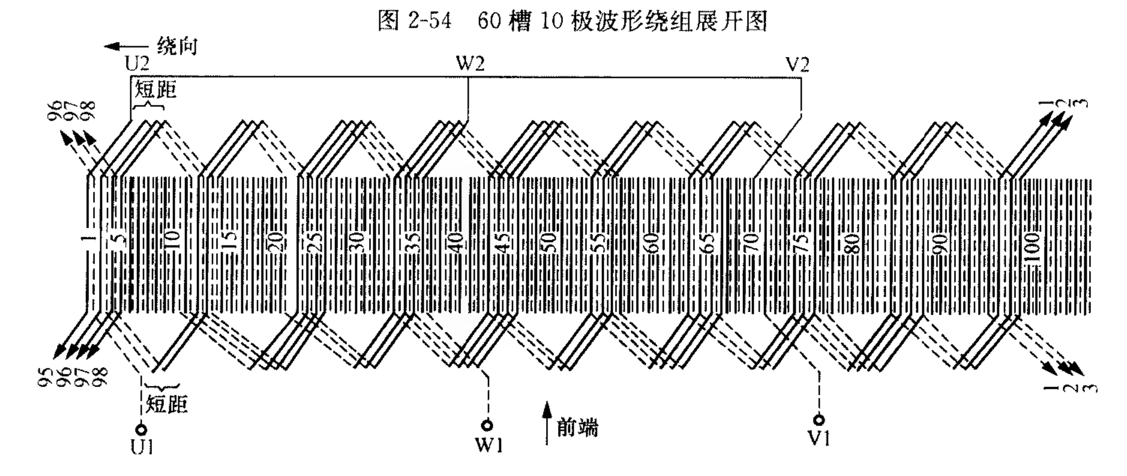
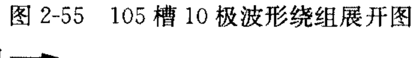


图 2-54　60 槽 10 极波形绕组展开图




图 2-55　105 槽 10 极波形绕组展开图

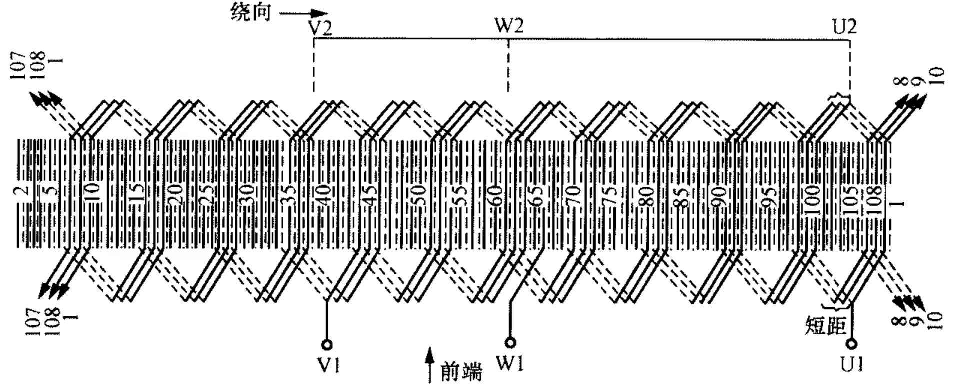


图 2-56　108 槽 12 极波形绕组展开图

紧，如图 2-58 所示，最后在钢丝层上镀一层锡，使其成为一个整体。扎好的钢丝要低于转子铁心表面，否则转子不能装入定子中去。

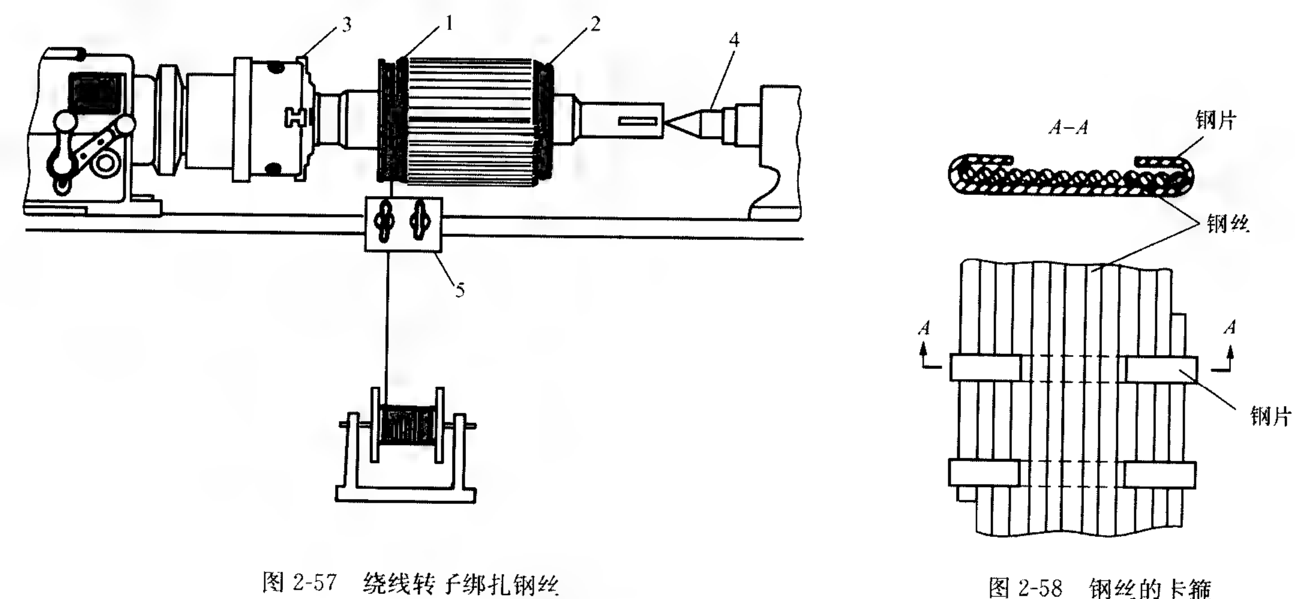


图 2-57　绕线转子绑扎钢丝

1、2—绑扎钢丝；3—车床卡盘；4—车床后顶尖；5—夹线板

图 2-58　钢丝的卡箍

第三节　普通三相异步电动机绕组重绕的简易计算

修理电动机时会碰到绕组已拆除、铭牌丢失、原来数据无从查知的情况，或是在实际工作中，需要改变电动机的某些性能，如改变电压、改变转速等，这就需要通过计算才能得出电动机的各种技术数据。

由于异步电动机的型号很多，它们的技术参数、设计余量、原材料和加工工艺都有所不同，要想准确计算出它的各种参数是相当繁琐的，本节主要介绍几种常用的计算方法。

一、三相异步电动机空壳重绕计算

（一）比较计算方法

从实践经验和计算可以看出，空壳电动机绕组的每槽匝数，与电动机铁心的主要尺寸（定子铁心内径、铁心长度等）有关，导线的规格与电动机的功率大小有关，而功率的大小又与铁心的主要尺寸有关。所以，类型相同、极数相同、铁心主要尺寸相近的电动机的电磁负载和各种参数基本接近。基于这一道理可以查阅本书列举的电动机性能、铁心和绕组数据表，再和空壳电动机的参数进行比较，即可估算出绕组的数据。

比较计算方法如下：

1. 测量铁心各部分的尺寸

其项目有定子铁心内径 D_{i1}、定子铁心外径 D_1、定子铁心长 L、定子铁心轭高 h_a、定子铁心齿宽 b_x、定子铁心槽数 Z_1、转子铁心槽数 Z_2、转子铁心外径 D_2、气隙长度 δ。

气隙长度可直接测量，也可以由定子的铁心内径 D_{i1} 和转子铁心外径 D_2 求得

$$\delta=\frac{D_{i1}-D_2}{2} \tag{2-6}$$

2. 计算空壳电动机的极数

$$2p=(0.35\sim0.40)\frac{Z_1b_z}{h_a} \tag{2-7}$$

取相近的偶数（双数）为极数，并参考电动机定子槽数，一般槽数少则磁极数少。

3. 根据空壳电动机的型式、极数和前面所测量的铁心各种参数，在资料中找到类型、极数和空壳电动机相同，铁心尺寸与空壳电动机接近的一种电动机绕组数据，列出下列比例关系

$$\frac{N'_s}{N_s}=\frac{D_{i1}LZ_1}{D'_{i1}L'Z'_1}$$

即可求出空壳电动机的每槽导线数

$$N_s=N'_s\frac{D'_{i1}L'Z'_1}{D_{i1}LZ_1}\quad（根/槽）\tag{2-8}$$

式中 N_s——空壳电动机的每槽导线数，根/槽；

N'_s——资料中的每槽导线数，根/槽；

D_{i1}——空壳电动机定子铁心内径，cm；

L——空壳电动机定子铁心长度，cm；

D'_{i1}——资料中的电动机定子铁心内径，cm；

L'——资料中定子铁心长度，cm；

Z_1——空壳电动机定子铁心槽数；

Z'_1——资料中定子铁心槽数。

4. 计算导线直径

$$d=d'\sqrt{\frac{D'_{i1}L'Z'_1}{D_{i1}LZ_1}}\tag{2-9}$$

式中 d'——资料中电机绕组线径，mm。

5. 计算输出功率 P_N

$$P_N=P'_N\frac{d^2}{(d')^2}\tag{2-10}$$

式中 P'_N——资料中的电机输出功率，kW。

运用上述方法时，必须注意空壳电动机定、转子间的气隙长度不能超过规定范围。

（二）简易计算方法

除比较计算方法外，还可采用简易计算的方法。

1. 电动机的磁极数 $2p$ 的计算

可按式（2-11）计算

$$2p=(0.35\sim0.40)\frac{Z_1b_Z}{h_a}\tag{2-11}$$

例如，有一台电动机定子槽数 $Z_1=24$，定子铁心轭部高度 $h_a=18$mm，定子齿宽 $b_Z=8$mm，则由式（2-11）可知

$$2p=(0.35\sim0.40)\frac{Z_1b_Z}{h_a}$$

$$=(0.35\sim0.40)\frac{24\times8}{18}=3.73\sim4.26$$

取 $2p=4$，可知电动机为 4 极电动机。

在计算电动机的磁极数时还应同时注意定子槽数 Z_1 与转子槽数 Z_2 应有下列关系

$$\left.\begin{array}{c} Z_1 - Z_2 \neq 0 \\ Z_1 - Z_2 \neq 1 \\ Z_1 - Z_2 \neq \pm 2p \\ Z_1 - Z_2 \neq \pm 1 \pm 2p \end{array}\right\} \quad (2\text{-}12)$$

否则，将使电动机起动困难，产生噪声和强烈振动或根本不能起动。异步电动机定、转子之间槽数的配合范围见表 2-10。

表 2-10　鼠笼式电动机推荐使用的定、转子槽数

极　数	定子槽数	转子槽数（直槽）	转子槽数（斜槽）
2	18		16、24
	24	32	20，31，33，34，35
	30	22，38	20，21，23，37，39，40
	36	28，44，46	25，27，29，43，45，47
	42	32，34，50，52	
	48	38，40，56，58	37，39，41，55，57，59
4	24		16，22，30，33，34，35，36
	36	26，44，46	27，28，30，45，48
	42	52，54	34，53
	48	34，38，56，58，62，64	40，57，59
	60	50，52，68，70，74	48，49，51，56，64，69，71
	72	62，64，80，82，86	61，63，68，76，81，83
6	36	26，42	33，47，49，50
	54	44，64，66，68	42，43，65，67
	72	56，58，62，82，84，86，88	57，59，60，61，83，85，87
8	48	34，62	35，44，46，61，63，65
	54		58，62
	72	58，86，88，90	56，57，59，85，87，89

2. 容量的计算

电动机容量可用以下两种方法估算。

(1) 第一种方法。

$$\left.\begin{array}{c} 2\text{ 极电动机容量(kW)} \\ P = \dfrac{D_{i1}^3 L0.28}{1000} \\ 4\text{ 极电动机容量(kW)} \\ P = \dfrac{D_{i1}^3 L0.14}{1000} \\ 6\text{ 极电动机容量(kW)} \\ P = \dfrac{D_{i1}^3 L0.08}{1000} \\ 8\text{ 极电动机容量(kW)} \\ P = \dfrac{D_{i1}^3 L0.54}{1000} \end{array}\right\} \quad (2\text{-}13)$$

对于封闭式电动机需乘以系数 0.6，才是该电动机实际容量（定子内径、铁心长度单位为 cm）。

（2）第二种方法。

$$\left.\begin{aligned}
&\text{2 极电动机容量(kW)}\\
&P = 2.5(107 + 11.5D_{i1})D_{i1}^2 L \times 10^{-5}\text{(防护式)}\\
&P = 1.6(107 + 11.5D_{i1})D_{i1}^2 L \times 10^{-5}\text{(封闭式)}\\
&\text{4 极电动机容量(kW)}\\
&P = 1.4(107 + 10D_{i1})D_{i1}^2 L \times 10^{-5}\text{(防护式)}\\
&P = 1.06(107 + 7D_{i1})D_{i1}^2 L \times 10^{-5}\text{(封闭式)}\\
&\text{6 极电动机容量(kW)}\\
&P = (107 + 7D_{i1})D_{i1}^2 L \times 10^{-5}\text{(防护式)}\\
&P = 0.75(107 + 7D_{i1})D_{i1}^2 L \times 10^{-5}\text{(封闭式)}\\
&\text{8 极电动机容量(kW)}\\
&P = 70D_{i1}^2 L \times 10^{-5}\text{(防护式)}\\
&P = 62D_{i1}^2 L \times 10^{-5}\text{(封闭式)}
\end{aligned}\right\} \quad (2\text{-}14)$$

3. 绕组的计算

（1）绕组线电流计算。

$$I = \frac{P_N \times 10^3}{\sqrt{3}U\cos\varphi\eta} \quad (2\text{-}15)$$

式中 I——绕组线电流，A；

P_N——额定容量，kW；

U——线电压，V；

$\cos\varphi$——功率因数；

η——效率。

在 Y 形接法时绕组的线电流等于相电流，在△形接法时绕组中的线电流 $\frac{I}{\sqrt{3}}$等于相电流。

（2）绕组导线截面积的计算。

$$S = \frac{I_\Phi}{j} \quad (2\text{-}16)$$

式中 S——导线截面积，mm^2；

I_Φ——绕组相电流，A；

j——电流密度，一般铜导线取 4.5～6.5A/mm^2；铝导线取 2.5～4.5A/mm^2。

（3）每槽导线匝数。

Y 形接线时

$$N_s = \frac{2.61Upa \times 10^4}{\sqrt{3}D_{i1}LZ_1B_\delta k_{dp}} \quad (2\text{-}17)$$

式中 a——并联支路数；

p——磁极对数；

B_δ——气隙磁通密度；

D_{i1}——定子铁心内径，mm；

L——定子铁心长度，mm；

k_{dp}——绕组系数 $k_{dp}=k_d k_p$。

绕组系数见表 2-11 和表 2-12。

表 2-11　　三相双层绕组系数

每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{y}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k_{dp}
$1\frac{1}{5}$	1～4	0.835	0.97	0.924
$1\frac{1}{4}$	1～4	0.8	0.95	0.910
$1\frac{2}{5}$	1～5	0.95	0.985	0.953
$1\frac{1}{2}$	1～5	0.89	0.985	0.94
$1\frac{4}{5}$	1～6	0.926	0.994	0.948
$1\frac{7}{8}$	1～6	0.89	0.985	0.94
2	1～6	0.833	0.966	0.934
$2\frac{1}{10}$	1～7	0.952	0.998	0.953
	1～6	0.794	0.955	0.912
$2\frac{1}{8}$	1～7	0.94	0.992	0.95
	1～6	0.784	0.943	0.90
$2\frac{1}{7}$	1～7	0.933	0.995	0.95
	1～6	0.778	0.94	0.90
$2\frac{1}{5}$	1～7	0.91	0.99	0.945
	1～6	0.76	0.925	0.887
$2\frac{4}{5}$	1～9	0.952	0.997	0.953
	1～8	0.833	0.966	0.922
	1～7	0.715	0.902	0.862
$2\frac{7}{8}$	1～9	0.927	0.994	0.948
	1～8	0.81	0.956	0.913
3	1～10	1	1	0.96
	1～9	0.89	0.985	0.945
	1～8	0.778	0.94	0.902
	1～7	0.667	0.866	0.831
$3\frac{1}{5}$	1～10	0.938	0.995	0.95
	1～9	0.833	0.966	0.922
	1～10	0.923	0.993	0.948
	1～9	0.82	0.959	0.916
	1～8	0.718	0.903	0.862
$3\frac{3}{7}$	1～10	0.875	0.981	0.937
	1～9	0.778	0.94	0.902
$2\frac{1}{2}$	1～8	0.933	0.995	0.95
	1～7	0.8	0.951	0.907
	1～6	0.667	0.866	0.827

每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{y}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k_{dp}
$2\frac{4}{7}$	1～8	0.907	0.989	0.944
	1～7	0.778	0.94	0.90
$3\frac{3}{5}$	1～11	0.925	0.99	0.945
	1～10	0.835	0.97	0.923
	1～9	0.743	0.917	0.877
$3\frac{3}{4}$	1～11	0.89	0.985	0.97
	1～10	0.8	0.951	0.907
$3\frac{4}{5}$	1～11	0.88	0.98	0.937
	1～10	0.79	0.945	0.903
$3\frac{6}{7}$	1～11	0.865	0.978	0.934
	1～10	0.778	0.94	0.902
	1～12	0.916	0.991	0.95
$3\frac{1}{2}$	1～11	0.952	0.997	0.953
	1～10	0.857	0.974	0.93
	1～9	0.762	0.93	0.884
	1～8	0.667	0.866	0.831
$4\frac{1}{4}$	1～12	0.854	0.98	0.933
	1～11	0.785	0.944	0.901
$4\frac{1}{2}$	1～13	0.89	0.985	0.94
	1～12	0.815	0.959	0.916
	1～11	0.74	0.917	0.877
$4\frac{3}{4}$	1～13	0.84	0.97	0.926
	1～12	0.733	0.935	0.894
$4\frac{4}{5}$	1～14	0.902	0.988	0.943
	1～13	0.833	0.966	0.922
$4\frac{7}{8}$	1～14	0.89	0.985	0.94
	1～13	0.82	0.959	0.916
4	1～11	0.833	0.966	0.926
	1～10	0.75	0.924	0.885
	1～9	0.667	0.866	0.831
$4\frac{1}{8}$	1～10	0.89	0.985	0.94
	1～11	0.808	0.955	0.911
$4\frac{1}{5}$	1～12	0.872	0.98	0.935
	1～11	0.792	0.948	0.905

续表

每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{y}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k_{dp}	每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{y}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k_{dp}
5	1～14	0.866	0.978	0.435	$5\frac{1}{2}$	1～14	0.79	0.944	0.902
	1～13	0.8	0.951	0.91		1～15	0.848	0.972	0.928
	1～12	0.733	0.914	0.875	6	1～16	0.833	0.966	0.925
						1～15	0.778	0.94	0.9

表 2-12　　三相单层绕组系数 k_{dp}

q \ y	同心式绕组	链形绕组，其节距为 3	5	7	9	11	13	15	17
$1\frac{1}{2}$	0.960	0.831	(0.945)	—	—	—	—	—	
2	0.966	0.757	(0.966)	0.966	0.707	—	—	—	—
$2\frac{1}{2}$	0.957	—	0.892	0.951	0.910	0.711	–	—	—
3	0.960	—	0.735	0.902	0.960	0.902	0.735	—	—
$3\frac{1}{2}$	0.956	—	—	0.828	0.932	(0.953)	0.890	0.747	—
4	0.958	—	—	0.766	0.892	(0.958)	0.958	0.893	0.766
$4\frac{1}{2}$	0.955	—	—	0.695	0.827	(0.915)	(0.954)	0.941	0.877
5	0.957	—	—	—	0.774	0.874	(0.936)	(0.957)	0.936
6	0.956	—	—	—	0.679	0.786	(0.870)	(0.927)	(0.956)

注　对所推荐的节距数值，取用括号内的绕组系数。

式（2-17）计算出来的匝数是 Y 接法每槽导线匝数，若采用△接法，须将计算出来的导线匝数乘以系数 1.73。

气隙磁通密度取值高低与定子铁心直径以及磁极数有关，一般定子铁心直径越大，磁极数越多，所取的气隙磁通密度值越高，其取值范围可参考表 2-13 和表 2-14。

表 2-13　　异步电动机定子电磁部分计算参数

数值名称		符号	单位	定子铁心外径（mm）150～250	250～350	350～450
气隙磁通密度		B_δ	T	0.6～0.7	0.65～0.75	0.7～0.8
定子轭铁磁通密度		B_a	T	1.1～1.5	1.2～1.5	1.3～1.5
定子齿磁通密度		B_z	T	1.3～1.6	1.4～1.7	1.5～1.8
电流密度	防护式	j	A/mm²	5～6	5～5.6	5～5.6
	封闭式	j	A/mm²	4.5～5.6	4.2～5.2	3.7～4.2

表 2-14　　异步电动机气隙磁通密度参考值　　T

类型 \ 极数	2	4	6	8
开启式	0.63～0.75	0.70～0.80	0.70～0.80	0.70～0.80
封闭式	0.50～0.65	0.60～0.75	0.60～0.75	0.64～0.74

4. 绕组电磁部分综合计算

电动机的额定容量、电压、频率和转速确定之后，根据已测定电动机铁心的各部分尺寸，就可以对新绕组电磁部分的有关技术数据进行综合计算，其顺序如下

（1）绕组相电流。如接成Y，相电流 I_0 等于线电流 I。

（2）导线截面积。计算公式见式（2-16）。

（3）导线直径

$$d = 1.33\sqrt{s} \tag{2-18}$$

（4）每槽导线数。计算公式见式（2-17）。

（5）绕组中每个线圈的匝数。采用单层绕组时，$W_n = N_s$；采用双层绕组时，$W_n = 0.5N_s$。

（6）每极每相槽数。计算公式见式（1-6）。

（7）绕组极相组数

$$k_c = \frac{Z_1}{q} \tag{2-19}$$

（8）每相极相组数

$$k_\varphi = \frac{k_c}{m} \tag{2-20}$$

式中　m——相数。

（9）线圈极距。每极所占的槽数或每极下气隙的长度，用符号 τ 表示，可用三种方法表示。

1）用定子槽表示

$$\tau = \frac{Z}{2p}$$

2）用电角度表示

$$\tau = 180°（电角度）$$

3）用空间几何角度表示

$$\tau = \frac{360°}{2p}$$

注：通常用定子槽数表示。

（10）气隙极距面积

$$S_\delta = 0.01\frac{\pi D_{i1}Lk}{2p} \tag{2-21}$$

式中　k——铁心压装系数。

k 值要按硅钢片的绝缘情况来选取：对于涂漆绝缘的可取 0.92；对于氧化膜绝缘的可取 0.95。旧电动机的硅钢片绝缘情况不易分清时，k 值可按叠压的松紧来选取：没有松动的铁心可取 0.93；如铁心已松动，必须重新压紧，相应的 k 值要取比较低的值。

（11）每极磁通量

$$\Phi = \alpha_\delta S_\delta B_\delta \tag{2-22}$$

式中　α_δ——极弧系数，与电动机的极数、磁饱和程度有关，其值可按表 2-15 选择，一般取表中的中间值；

B_δ——气隙磁通密度，可按表 2-13 选取。

表 2-15　　极弧系数

极　数	2	4	6	8
α_δ	0.66～0.67	0.67～0.70	0.69～0.72	0.70～0.73

（12）定子轭铁的双倍高度

$$2h_a = D_1 - (D_{i1} + 2h_z) \tag{2-23}$$

式中　h_z——铁心槽高度，mm；

D_1——定子铁心外径，mm。

（13）定子轭铁的双倍截面积

$$2S_a = 0.009 \times 2h_a L \tag{2-24}$$

（14）定子轭铁磁通密度

$$B_a = 10^{-4} \times \frac{\Phi}{2S_a} \tag{2-25}$$

式中　B_a——定子轭铁磁通密度，T；

Φ——每极磁通量，Wb。

以初算的每极磁通量 Φ 的值代入式（2-25），计算出 B_a 的值必须符合表 2-13 的范围，否则必须重取 B_a 再算，直至使 B_a 的值符合要求为止。

如果 B_a 的值与表 2-13 的范围相差很大，则可能是极数取的不正确，如其值超过最大值，应增加极数再算，反之则减少极数。

（15）定子齿的宽度

$$b_z = \frac{\pi(D_{i1} + 2h_s + 2R_1)}{Z_1} - 2R_1 \tag{2-26}$$

式中　h_s——槽口高度，mm；

R_1——定子槽小圆半径，mm。

（16）每极齿截面积

$$S_z = 0.01\frac{Z_1}{2p}b_z 0.9L \tag{2-27}$$

（17）定子齿磁通密度

$$B_z = \frac{1.57\Phi}{S_z} \times 10^{-4} \tag{2-28}$$

将 Φ 的值代入式（2-28）计算出 B_z 的值应符合表 2-13 的范围，否则应重新取 B_δ 的值。如果是改极的电动机，B_z 可稍高于表 2-13 中的范围，但不宜超过 1.7T。早年生产的电动机其 B_z 的值较低，在 1.3～1.5T 左右。

（18）定子槽截面积。定子槽的型式较多，如图 2-59 所示。

在图 2-59（a）的槽形截面积计算公式为

$$S_s = \frac{b_{s1} + 2R_1}{2}(h'_s - h) + \frac{\pi}{2}R_2^2 \tag{2-29}$$

图 2-59（b）的槽形截面积计算公式为

$$S_s = \frac{\pi}{2}R_2^2 + \frac{(b_{s1} + b_{s2})}{2}(h'_s - h) + R_2 b'_{s2} \tag{2-30}$$

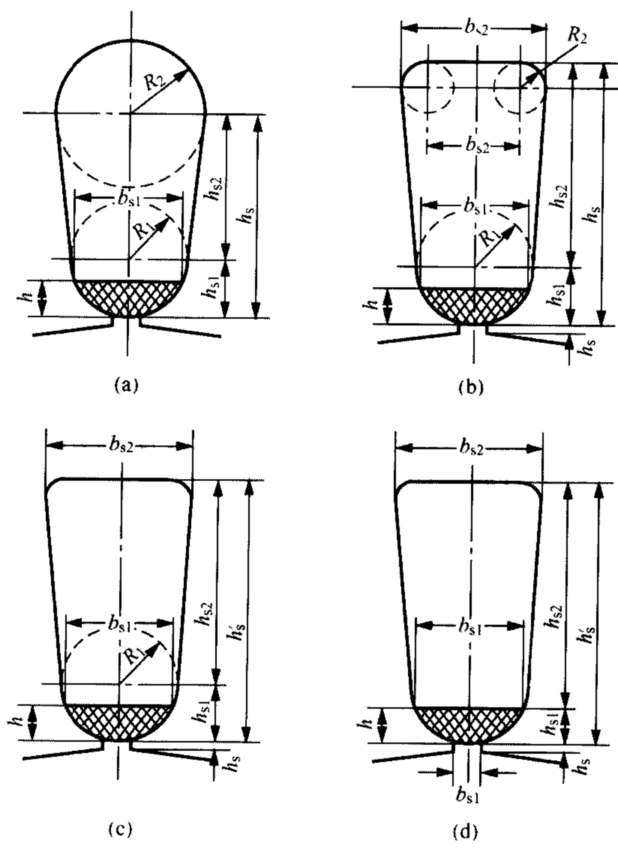


图 2-59　定子槽形及尺寸

（a）圆顶圆底梯形槽；（b）圆顶双圆底梯形柄；（c）圆顶平底梯形槽；（d）斜顶平底梯形槽

图 2-59（c）的槽形截面积计算公式为

$$S_s = \frac{(b_{s1}+b_{s2})}{2}(h'_s - h) \tag{2-31}$$

图 2-59（d）的槽形截面积计算公式与式（2-30）相同。

（19）定子槽内导线总截面积

$$S_b = SN_s \tag{2-32}$$

式中 S——每根导线的截面积，mm^2。

（20）定子槽内带绝缘导线总截面积

$$S_c = \frac{\pi d_{\triangle}^2}{4}W \tag{2-33}$$

式中 $d_{\triangle}$——带绝缘导线直径，mm，各种圆电磁线绝缘厚度见表 2-16。

表 2-16 各种圆电磁线绝缘厚度

导线名称		导线直径（mm）			
		0.51～0.69	0.72～0.96	1.0～1.62	≥1.68
		绝缘厚度			
氧化膜铝线		0.02	0.02	0.02	0.02
高强度漆包线	薄绝缘	0.03	0.04	0.06	0.07
	厚绝缘	0.05	0.06	0.08	0.09
单玻璃丝漆包线		0.20	0.22	0.22	0.24
双玻璃丝漆包线		0.25	0.25	0.27	0.28
聚酰胺—酰亚胺为基的高强度漆包线		0.03	0.04	0.06	0.07
耐冷冻漆包线		0.05	0.06	0.08	0.09

（21）实际槽填充系数

$$k_n = \frac{s_c}{s_s} \tag{2-34}$$

k_n 值控制在 0.60～0.75 范围内。

二、计算实例

首先测量铁心各部尺寸，如图 2-60 所示。定子外径 $D_1=182$mm；定子内径 $D_{i1}=102$mm；铁心长度 $L=104$mm；定子槽高（以圆底槽为例，如图 2-61 所示）$h_z=16$mm；槽口高度 $h_s=1$mm；定子槽大圆半径 $R_2=5.5$mm；定子槽小圆半径 $R_1=4.5$mm；大、小圆中心距 $h_{s2}=5$mm；定子槽数 $Z_1=24$。计算顺序为：

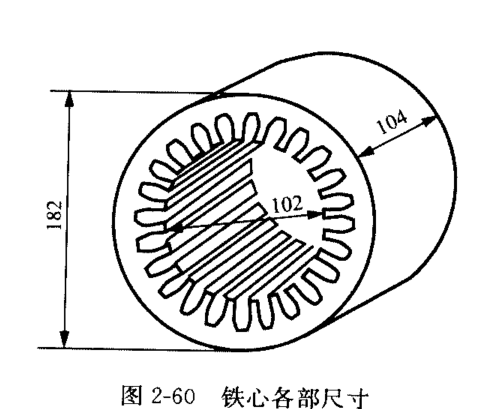


图 2-60 铁心各部尺寸

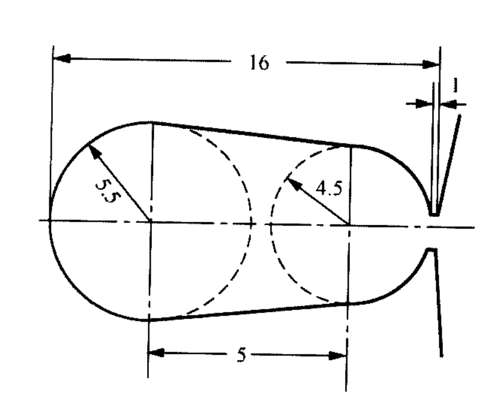


图 2-61 定子槽尺寸

1. 计算定子齿宽

$$b_z = \frac{\pi(D_{i1} + 2h_s + 2R_1)}{Z_1} - 2R_1$$
$$= \frac{3.14 \times (102 + 2 + 2 \times 4.5)}{24} - 2 \times 4.5$$
$$= 14.8 - 9 = 5.8(\text{mm})$$

2. 计算定子铁心轭部高度

$$h_a = \frac{D_1 - (D_{i1} + 2h_z)}{2}$$
$$= \frac{182 - (102 + 2 \times 16)}{2}$$
$$= \frac{182 - 134}{2} = 24$$

3. 计算电动机极数

$$2p = (0.35 \sim 0.40)\frac{Z_1 b_z}{h_a}$$
$$= (0.35 \sim 0.40) \times \frac{24 \times 5.8}{24}$$
$$= 2.03 \sim 2.32$$

取整偶数应为 2 极电机。

4. 计算功率

在计算功率时，铁心尺寸采用 cm，于是 $D_{i1} \approx 10\text{cm}$；$L \approx 10\text{cm}$，根据公式

$$P = \frac{D_{i1}^3 \times 0.28L}{1000}$$
$$= \frac{1000 \times 0.28 \times 10}{1000} = 2.8(\text{kW})$$

5. 计算绕组相电流

设空壳电动机为三相、380V、Y 形接法，则

$$I_\varphi = I = \frac{P \times 10^3}{\sqrt{3}U\cos\varphi\eta}$$

取 $\cos\varphi$ 为 0.89，η 为 0.835，则

$$I_\varphi = \frac{2.8 \times 10^3}{1.73 \times 380 \times 0.89 \times 0.835}$$
$$= 5.75(\text{A})$$

6. 计算导线截面积

防护式电动机的电流密度，取 4.7A/mm^2。则

$$S = \frac{I_\varphi}{j} = \frac{5.75}{4.7} = 1.22(\text{mm}^2)$$

7. 计算裸导线直径

$$d = 1.13 \times \sqrt{S} = 1.13 \times \sqrt{1.22}$$
$$= 1.13 \times 1.105 = 1.25(\text{mm})$$

8. 计算每槽导线匝数

$$N_s = \frac{2.61 \times 10^4 Upa}{1.73 D_{i1} L Z_1 B_\delta k_{dp}}$$

查表 2-13，$B_\delta=0.6\text{T}$；k_{dp}近似取 0.95

$$N_s=\frac{2.61\times 380\times 1\times 1\times 10^4}{1.73\times 102\times 104\times 24\times 0.6\times 0.95}=39.5(\text{匝})$$

取 $N_s=40$ 匝。

9. 计算每线圈的匝数

单层取 40 匝，双层取 20 匝

10. 计算每极每相槽数

$$q=\frac{Z_1}{2pm}=\frac{24}{6}=4$$

11. 计算绕组极相组数

$$k_c=\frac{Z_1}{q}=\frac{24}{4}=6$$

12. 计算每相的极相组数

$$k_\varphi=\frac{k_c}{m}=\frac{6}{3}=2$$

13. 计算线圈极距

$$\tau=\frac{Z_1}{2p}=\frac{24}{2}=12$$

取短距系数为 83.3%，节距 $y=\tau k_y=12\times 83.3\%=10$，线圈节距为 1～11。

14. 计算气隙极距面积

$$S_\delta=0.01\frac{\pi D_{i1}L}{2p}=0.01\times\frac{3.14\times 102\times 104}{2}$$
$$=167(\text{mm}^2)$$

15. 计算每极磁通量

$$\Phi=0.636S_\delta B_\delta=0.636\times 167\times 0.6=63.72(\text{T})$$

16. 计算定子轭铁的双倍高度

$$2h_a=2\times 24=48(\text{mm})$$

17. 计算定子轭铁双倍截面积

$$2S_a=0.009\times 2h_a\times L$$
$$=0.009\times 48\times 104=45(\text{mm}^2)$$

18. 计算定子轭铁磁通密度

$$B_a=\frac{\Phi}{2S_a}=\frac{63.72}{45}=1.42(\text{T})$$

19. 计算每极齿截面积

$$S_z=0.01\frac{Z_1}{2p}b_z\times 0.9L$$
$$=0.01\times 12\times 5.8\times 0.9\times 104=65(\text{mm}^2)$$

20. 计算定子齿磁通密度

$$B_z=\frac{1.57\Phi}{S_z}=\frac{1.57\times 63.72}{65}=1.54(\text{T})$$

21. 计算定子槽截面积

$$S_s=\frac{b_{s1}+2R_1}{2}(h_s'-h)+\frac{\pi}{2}R_2^2$$

$$=\frac{6+9}{2}\times(10.5-2)+\frac{3.14\times 5.5^2}{2}$$

$$=7.5\times 8.5+47=111(\text{mm}^2)$$

22. 计算定子槽内带绝缘截面积

$$S_c=\frac{\pi d_{\triangle}^2}{4}W=\frac{3.14\times 1.36^2}{4}\times 40=58(\text{mm}^2)$$

用高强度漆包线，查表2-39中$d_{\triangle}$的绝缘厚度取0.07，那么$d_{\triangle}=1.22+0.07\times 2=1.36$(mm)。

23. 计算实际槽填充系数

$$k_n=\frac{S_c}{S_s}=\frac{58}{111}=0.52$$

第四节　电机绕组改绕计算

一、改变导线规范的计算

在电动机修理（或重绕）过程中，如果没有原规格的导线，可改变导线规范，但必须保持改变后的导线电流密度和槽满率基本不变。

1. 改变并绕导线的根数

这是改变导线规范方法中最简单的一种，其方法是用两根、三根或更多根导线并绕，但要注意并绕导线的总截面必须和原导线截面积基本相同［见式（2-18)］。

2. 改变并联支路数

多根导线并绕既费时间，工艺上又比较困难，因此可采用改变并联支路数来解决，改变并联支路数应注意以下几点：

(1) 改接后的电动机尽可能使每匝承受的电压不变，每相串联匝数不变。

(2) 电动机的额定电流保持不变。

(3) 气隙磁通密度不变，这样才能保持电动机的性能。

3. “Y”接改为“△”接

如果用改变并联支路方法仍没有合适的导线，可把原一路星接改为一路角接。由“Y”接改为“△”，其相电压扩大了$\sqrt{3}$倍，相电流缩小$\sqrt{3}$倍，那么每槽导线数N_s与电压U成正比，故

$$N_{s\triangle}=\sqrt{3}N_{sY}=1.73N_{sY} \tag{2-35}$$

当电流密度不变时，导线截面积S与电流I成正比，故

$$S_{\triangle}=\frac{1}{\sqrt{3}}S_Y=0.58S_Y \tag{2-36}$$

或

$$d_{\triangle}=\sqrt{\frac{1}{\sqrt{3}}}d_Y=0.76d_Y \tag{2-37}$$

4. “△”接改为“Y”接

“△”接改“Y”接后，相电压缩小$\sqrt{3}$倍，相电流扩大$\sqrt{3}$倍，故

$$N_{sY}=\frac{1}{\sqrt{3}}N_{s\triangle}=0.58N_{s\triangle} \tag{2-38}$$

$$S_{Y}=\sqrt{3}S_{\triangle}=1.73S_{\triangle} \tag{2-39}$$

或

$$d_{Y}=\sqrt{1.73}d_{\triangle}=1.32d_{\triangle}$$

从以上分析可知，导线的代用可灵活运用，但在“△”接和“Y”接的变换时，必须修改铭牌上标明的接法。

二、改压计算

在电动机改压时，首先要考虑改变电动机的接线方法来改变电动机的电压，这样既省料又省工。

1. 用改变接线法改压

为了保持电动机性能基本不变，必须计算出改压前后的电压比，然后根据电动机的原来接法，考虑能否用一种新的接法使电源电压改变后，绕组每匝所承受的电压不变。如能达到要求，就能用改变接线的方法进行改压，其步骤如下

（1）计算改压的电压比 k_v

$$k_v=\frac{U_1}{U_0}\times 100\% \tag{2-40}$$

式中　U_1——改接后的电压，V；

U_0——原电动机电压，V。

（2）查明原电动机的接法（Y或△）及并联路数。

（3）根据计算得的电压比（k_v）和原电动机的接线法，查表决定是否能用改变电动机接线来改压。方法是：先在表中原绕组接法一栏中找到与该电动机原接法相同的一项，然后向右在横格中寻找等于或接近计算得的电压比 k_v 的数值，如找到这一数值，则对应于这一格顶上的新绕组的接法就是该电机改变电压后的接线法，见表 2-17。

表 2-17　　三相绕组改变接线的电压比 k_v　　%

绕组改后接线法 / 绕组原来接线法	一路Y形	二路并联Y形	三路并联Y形	四路并联Y形	五路并联Y形	六路并联Y形	八路并联Y形	十路并联Y形	一路△形	二路并联△形	三路并联△形	四路并联△形	五路并联△形	六路并联△形	八路并联△形	十路并联△形
一路Y形	100	50	33	25	20	17	12.5	10	58	29	19	15	12	10	7	6
二路并联Y形	200	100	67	50	40	33	25	20	116	58	39	29	23	19	15	11
三路并联Y形	300	150	100	75	60	50	38	30	173	87	58	43	35	29	22	17
四路并联Y形	400	200	133	100	80	67	50	40	232	116	77	58	46	39	29	23
五路并联Y形	500	250	167	125	100	83	63	50	289	144	96	72	58	48	36	29
六路并联Y形	600	300	200	150	120	100	75	60	346	173	115	87	69	58	43	35
八路并联Y形	800	400	267	200	160	133	100	80	460	232	137	120	95	79	58	46
十路并联Y形	1000	500	333	250	200	167	125	100	580	290	190	150	120	100	72	58
一路△形	173	86	58	43	35	29	22	17	100	50	33	25	20	17	12.5	10
二路并联△形	346	173	115	87	69	58	43	35	200	100	67	50	40	33	25	20
三路并联△形	519	259	173	130	104	87	65	52	300	150	100	75	60	50	38	30
四路并联△形	692	346	231	173	138	115	86	69	400	200	133	100	8	60	50	40
五路并联△形	865	433	288	216	173	144	118	86	500	250	167	125	100	80	63	50
六路并联△形	1038	519	346	260	208	173	130	104	600	300	200	150	120	100	75	60
八路并联△形	1384	688	464	344	280	232	173	138	800	400	267	200	160	133	100	80
十路并联△形	1731	860	580	430	350	290	216	173	1000	500	333	250	200	167	125	100

必须注意，改接后的并联支路数应是原电机的极数能被新的并联支路数整除，其规定见表2-18。

表 2-18　三相绕组的并联支路数

磁极数	2	4	6	8	10
并联支路数	1、2	1、2、4	1、2、3、6	1、2、4、8	1、2、5、10

2. 拆换绕组改压

如果原电动机不能用改变接法来改压，或者原电动机的绝缘已老化，可用拆换绕组的方法改压。

在拆换绕组改压时，新绕组的电流密度仍应保持不变，这样可用比例法来计算新绕组的每槽导线数 N_s，从而确定导线截面和导线直径。

$$N_s = N_{s0}\frac{U_{1a1}}{U_{0a0}} \tag{2-41}$$

第五节　通用三相异步电动机铁心、绕组技术数据

一、Y 系列电动机铁心、绕组技术数据

Y 系列电动机是全国统一设计的新系列产品，它将取代 JO2 型电动机。Y 系列电动机具有高效、节能、噪声低、振动小、可靠性高等特点，它的功率等级和安装尺寸符合国际 IEC 标准，主要用于矿山机械、农业机械等。由于它的起动性能较好，也可用于静止负载或惯性较大的机械上，如压缩机、水泵、粉碎机、传送带等，其铁心、绕组技术数据见表 2-19。Y 系列中型高压三相异步电动机铁心、绕组技术数据（6kV、50Hz、大直径）见表 2-20。Y 系列中型高压三相异步电动机铁心、绕组技术数据（6kV、50Hz、小直径）见表 2-21。

表 2-19　Y 系列三相异步电动机铁心、绕组技术数据（统一设计）

<table>
<tr><th rowspan="3">型号</th><th rowspan="3">功率
(kW)</th><th colspan="10">定子</th><th rowspan="3">跨距
y</th><th rowspan="3">线重
(kg/台)</th><th rowspan="3">定子/转子槽数</th><th rowspan="3">电压
(V)</th><th rowspan="3">额定电流
(A)</th><th rowspan="3">空载电流
(A)</th></tr>
<tr><th>外径</th><th>内径</th><th>铁心长度</th><th>气隙长度</th><th rowspan="2">每槽线数</th><th rowspan="2">并联支路数</th><th rowspan="2">绕组型式</th><th colspan="2">线规</th></tr>
<tr><th colspan="4">(mm)</th><th>根数</th><th>直径
(mm)</th></tr>
<tr><td colspan="18">2　极</td></tr>
<tr><td>Y 801-2</td><td>0.75</td><td>120</td><td>67</td><td>65</td><td>0.30</td><td>111</td><td rowspan="9">1</td><td rowspan="4">单层交叉式</td><td rowspan="8">1</td><td>0.63</td><td>2 (1～9)</td><td>1.30</td><td>18/16</td><td rowspan="5">380Y</td><td>1.71</td><td>0.65</td></tr>
<tr><td>Y-802-2</td><td>1.1</td><td>120</td><td>67</td><td>80</td><td>0.30</td><td>90</td><td>0.71</td><td>1 (1～8)</td><td>1.45</td><td>18/16</td><td>2.41</td><td>0.82</td></tr>
<tr><td>Y-90S-2</td><td>1.5</td><td rowspan="2">130</td><td rowspan="2">72</td><td>80</td><td rowspan="2">0.35</td><td>77</td><td>0.80</td><td>2 (1～9)</td><td>1.60</td><td rowspan="2">18/26</td><td>3.33</td><td>1.24</td></tr>
<tr><td>Y-90L-2</td><td>2.2</td><td>110</td><td>58</td><td>0.95</td><td>1 (1～8)</td><td>1.90</td><td>4.66</td><td>1.60</td></tr>
<tr><td>Y-100L-2</td><td>3</td><td>155</td><td>84</td><td>100</td><td>0.40</td><td>40</td><td rowspan="5">单层同心式</td><td>1.18</td><td>1～12
2～11</td><td>2.80</td><td>24/20</td><td>6.12</td><td>2.2</td></tr>
<tr><td>Y 112M-2</td><td>4</td><td>175</td><td>98</td><td rowspan="2">105</td><td>0.45</td><td>48</td><td>1.06</td><td rowspan="4">1～16
2～15
3～14
1～14
2～13</td><td>3.70</td><td rowspan="4">30/26</td><td rowspan="4">380△</td><td>7.99</td><td>2.70</td></tr>
<tr><td>Y-132S-2</td><td>5.5</td><td>210</td><td rowspan="2">116</td><td rowspan="2">0.55</td><td>44</td><td>0.90
0.95</td><td>5.70</td><td>10.76</td><td>3.0</td></tr>
<tr><td>Y-132M-2</td><td>7.5</td><td>210</td><td rowspan="2">125</td><td>37</td><td>1.00
1.06</td><td>6.30</td><td>14.32</td><td>3.5</td></tr>
<tr><td>Y-160M1-2</td><td>11</td><td>260</td><td>150</td><td>0.65</td><td>28</td><td>2
1</td><td>1.18
1.25</td><td>11.20</td><td>21.24</td><td>6.0</td></tr>
</table>

续表

型　　号	功率(kW)	定子外径	定子内径	定子铁心长度	定子气隙长度	每槽线数	并联支路数	绕组型式	线规根数	线规直径(mm)	跨　距 y	线重(kg/台)	定子/转子槽数	电压(V)	额定电流(A)	空载电流(A)
		(mm)														
2　极																
Y-160M2-2	15	260	150	155	0.65	23	1	单层同心式	2 2	1.12 1.18	1～16 2～15 3～14 1～14 2～13	12	30/26	380△	28.28	7.1
Y-160L-2	18.5	260	160	195		19			3 2	1.12 1.18		13.3			34.29	8.0
Y-180M-2	22	290		175	0.8	16		双层叠绕	2 2	1.30 1.40	1～14	14.65	36/28		41.8	12.3
Y-200L1-2	30	327	182	180	1.0	28	2		2 2	1.12 1.18		20.2			56.5	15.9
Y-200L2 2	37		210	210		24			1 2	1.40 1.50		22.4			68.8	18.7
Y-225M-2	45	368	225		1.1	21			1 3	1.40		28.8			83.7	24.3
Y-250M-2	55	400	255	195	1.2	20			6	1.50		37.6			102.8	29.9
Y-280S-2	75	445		225	1.5	14			7	1.50	1～16	45.6	42/34		139.2	38.5
Y-280M-2	90			260		12			8	1.50		47			165.8	46.4
4　极																
Y-801-4	0.55	120	75	65	0.25	128	1	链式	1	0.59	1～6	1.15	24/22	380Y	1.46	0.76
Y-802-4	0.75			80		103				0.63		1.30			1.93	0.97
Y-90S-4	1.1	130	80	90		81				0.71		1.40			2.7	1.30
Y 90L-4	1.5			120		63				0.80		1.60			3.55	1.60
Y-100L1-4	2.2	155	98	105	0.30	41		单层交叉式	2	0.71	2 (1～9) 1 (1～8)	2.5	36/32		4.87	2.1
Y-100L2-4	3			135		31			1	1.18		2.9			6.6	3.0
Y-112M-4	4	175	110			46				1.06		3.7		380△	8.56	3.8
Y-132S-4	5.5	210	136	115	0.4	47			1 1	0.90 0.95		5.7			11.26	4.2
Y-132M-4	7.5			160		35			2	1.06		6.5			15	5.4
Y-160M-4	11	260	170	155	0.5	56	2		1	1.3		8.4	36/26		22.07	7.6
Y 160L-4	15			195		22	1		2 1	1.25 1.18		9.9			29.9	10
Y-180M-4	18.5	290	187	190	0.55	32	2	双层叠绕	2	1.18	1～11	12.5	48/44		36	13.5
Y-180L-4	22			220		28	4			1.3		14.2			42.3	15.2
Y 200L-4	30	327	210	230	0.65	48			1 1	1.06 1.12		18.4			56.9	19.4
Y-225S-4	37	368	245	200	0.7	46			2	1.25	1～12	24.1			69.4	21.3
Y 250M 4	45			235		40			1 1	1.30 1.40		26.3			83.4	23.6
Y-250S-4	55	400	260	240	0.8	36			3	1.3		34.6			101.7	29.2
Y-250S-4	75	445	300		0.9	26			2 2	1.25 1.30	1～14	42.1	60/50		137.5	38.8
Y-280M-4	90			325		20			5	1.30		48.4			163.7	47.1

续表

型号	功率(kW)	定子 外径(mm)	内径(mm)	铁心长度(mm)	每槽线数	并联支路数	绕组型式		线规 根数	线规 直径(mm)	跨距 y	线重(kg/台)	定子/转子槽数	电压(V)	额定电流(A)	空载电流(A)
6 极																
Y-90S-6	0.75	130	86	100	0.25	77	1	单层链式	1	0.67	1～6	1.7	36/33	380Y	2.13	1.30
Y-90L-6	1.1			120		63				0.75		1.9			2.97	1.60
Y-100L-6	1.5	155	106	100		53				0.85		2.0			3.83	2.10
Y 112L-6	2.2	175	120	110	0.30	44				1.06		2.8			5.44	2.90
Y-132S-6	3	210	148	140	0.35	38				0.85 0.90		3.5		380△	6.99	3.50
Y-132M1-6	4		148	180		52				1.06		4.0			9.12	4.4
Y-132M2-6	5.5		180	145		42				1.25		5.2			12.04	5.1
Y-160M-6	7.5	260	205	195	0.40	38			2	1.12		7.1	54/44		16.35	7.3
Y-160L-6	11		230	200		28			4	0.95		8.9			23.7	10.1
Y-180L-6	15	290	230	190	0.45	34	2	双层叠绕	1	1.50	1～9	11.1			31	13.3
Y-200L1-6	18.5	327	260	220	0.50	32			1 1	1.12 1.18		12.3			37.5	14.8
Y-200L2-6	22	327	285	200	0.50	28			2	1.25		13.8	72/58		44	16.6
Y-225M-6	30	368	325	225					2 1	1.30 1.40		23.8			58	17.8
Y 250M-6	37	400		215	0.55		3		1 2	1.12 1.18	1～12	27.2			69.3	19.4
Y-280S-6	45	445		260	0.65	26			2 1	1.30 1.40		34.4			84.2	22.8
Y-280M-6	55	445				22			1 2	1.40 1.50		38.6			102	26.2
8 极																
Y-132S-8	2.2	210	148	110	0.35	39	1	单层链式	1	1.12	1～6	4.0	48/44	380Y	5.77	3.4
Y-132M-8	3			140		31				1.30		4.4			7.56	4.2
Y-160M1-8	4	260	180	110	0.40	51				1.25		6.3		380△	9.68	5.3
Y-160M2-8	5.5			145		39			2	1.0		7.2			13	6.9
Y-160L-8	7.5	290		195		30			1 1	1.12 1.18		8.7			17.2	8.5
Y-180L-8	11	327	205	200	0.45	46	2	双层叠绕	2	0.9	1～7	9.9	54/58		24.4	12.2
Y-200L-8	15		230	190	0.50	40			1	1.5		11.9			32.9	16
Y-225S-8	18.5	368	260	165					2	1.4		20.3			39.7	18.2
Y-225M-8	22	400		200		34				1.5		21.9			46.4	20.2
Y-250M-8	30		285	225	0.55	22			3	1.3	1～9	23.9	72/58		61.6	25.7
Y-280S-8	37	445	325	215	0.65	40	4		2		1～12	29.5			76.1	32.1
Y-280M-8	45			260		34			1 1	1.4 1.5		24.7			90.8	35.8

表 2-20 Y 系列中型高压三相异步电动机铁心、绕组技术数据（6kV、50Hz、大直径）

型号	额定功率（kW）	满载时 定子电流（A）	满载时 转速（r/min）	满载时 效率（%）	满载时 功率因数	铁心 直径（mm）	铁心 长度（mm）	气隙长度（mm）	定子 线规	定子 每槽线数	定子 节距	定子 半匝长（mm）	定子 端部长（mm）	槽数 Z_1/Z_2	转子 线规（mm）	转子 端环尺寸（mm）
Y355-4	220	27	1480	93.3	0.85	590/345/167	380+6×10	1.4	1—1.25×4.5	31	1～13	1069	267	60/50	4×40	20×45
	250	30		93.4	0.85		400+7×10		1—1.32×4.5	29		1091				
	280	34		93.5	0.86		430+7×10		1—1.5×4.5	27		1123				
	315	38		93.6	0.86		450+8×10		1—1.6×4.5	26		1154				
Y355-6	220	28	989	93.0	0.82											
	250	31		93.3	0.82											
Y400-4	355	42	1480	93.8	0.86	670/420/210	330+6×10	1.6	1—1.18×5.6	24	1～14	1097	261	60/50	5×35.5	20×45
	400	48		94.0	0.86		400+7×10		1—1.32×5.6	22		1127				
	450	53		94.2	0.86		450+8×10		1 1.5×5.6	20		1187				
	500	59		94.3	0.87		480+8×10		1 1.7×5.6	19		1220				
	560	66		94.5	0.87		530+9×10		1—1.9×5.6	17		1279				
Y400-6	280	35	990	93.5	0.83	670/465/280	430+7×10	1.2	2串—2×3.15	28	1～11	1057	242	72/58	5.6×40	20×45
	315	39		93.7	0.83		450+8×10		2—1.18×3.15	26		1096				
	355	44		93.9	0.85		480+8×10		2—1.32×3.15	24		1126				
	400	49		94.0	0.83		530+9×10		2—1.4×3.15	22		1185				
Y400-8	220	29	470	92.9	0.78	670/480/280	430+7×10	1.2	2串—1.8×3.15	32	1～9	981	206	72/58	6.3×40	20×45
	250	33		93.0	0.79		450+8×10		2串—2.0×3.15	32	1～8	978				
	280	37		93.2	0.79		530+9×10		2串—2.24×3.15	28		1066				
Y450-4	630	74	1483	94.7	0.87	740/470/240	480+8×10	1.9	1—1.9×7.1	18	1～13	1225	262	60/50	5.6×40	25×50
	710	83		94.9	0.87		500+9×10		1—2.24×7.1	16	1～14	1295	275			
	800	93		95.1	0.87		550+10×10		1—2.36×7.1	15		1353				
	900	105		95.2	0.87		600+11×10		1—2.65×7.1	14		1415				
Y450-6	450	55	988	94.3	0.84	740/510/300	450+8×10	1.4	1—1.6×6.3	22	1～11	1081	224	72/86	4×45	20×45
	500	60		94.5	0.85		480+8×10		1—1.8×6.3	20		1111				
	560	67		94.6	0.85		530+9×10		1.20×6.3	18		1170				
	600	72		94.7	0.85		580+10×10		1—2.36×6.3	16		1231				
Y450-8	315	41	740	93.4	0.80	740/530/310	450+8×10	1.4	2—1.25×1.35	26	1～9	1019	200	72/86	4.5×50	20×50
	355	46		93.5	0.80		480+8×10		2—1.4×3.15	24		1050				
	400	51		93.7	0.80		530+9×10		2—1.6×3.15	22		1110				
	450	57		93.8	0.81		580+10×10		2—1.8×3.15	20		1170				
Y450-10	220	30	592	92.1	0.77	740/530/310	400+7×10	1.2	1 1.5×4	26	1～9	910	187	90/106	3.55/31	20×35

续表

型号	额定功率(kW)	满载时 定子电流(A)	满载时 转速(r/min)	满载时 效率(%)	满载时 功率因数	铁心 直径(mm)	铁心 长度(mm)	气隙长度(mm)	定子 线规	定子 每槽线数	定子 节距	定子 半匝长(mm)	定子 端部长(mm)	槽数 Z_1/Z_2	转子 线规(mm)	转子 端环尺寸(mm)
Y450-10	250	33	592	93.3	0.78	740/530/310	450+8×10	1.2	1−1.7×4	24	1~9	970	187	90/106	3.55×31.5	20×35
	280	37		92.5	0.78		480+8×10		1−1.9×4	22		1001				
	315	41		92.6	0.79		530+9×10		1−2.12×4	20		1061				
	355	47		92.8	0.79		580+10×10		1−2.36×4	18		1120				
Y450-12	220	32	495	91.4	0.73		500+9×10	1.1	1−1.6×4	26	1~7	972	166			
	250	36		91.7	0.73		550+10×10		1−1.8×4	24		1023				
Y500-4	1000	116	1487	95.3	0.87	850/545/260	480+8×10	2.2	1−2.65×8	14	1~13	1261	258	60/50	5.6×50	25×60
	1120	128		95.4	0.88		530+9×10		1−3.0×8	13	1~14	1364	270			
	1250	143		95.5	0.88		580+10×10		1−3.35×8	12	1~13	1385	258			
	1400	160		95.6	0.88		600+11×10		1−3.55×8	11	1~13	1453	270			
Y500-6	710	85	990	95.0	0.85	850/590/350	480+8×10	1.6	1−2.5×7.1	16	1~11	1143	227	72/86	4×50	20×60
	800	95		95.1	0.85		530+9×10		1−2.8×7.1	15		1205				
	900	107		95.2	0.85		550+10×10		1−3.0×7.1	14		1235				
	1000	119		95.3	0.85		600+11×10		1−3.35×7.1	13		1296				
Y500-8	500	63	741	94.2	0.81	850/620/368	480+8×10		1−1.8×7.5	20	1~9	1072	200		4.5×50	20×70
	560	70		94.4	0.82		530+9×10		1−2×7.8	18		1131				
Y500-8	630	78	741	94.5	0.82	850/620/368	550+10×10	1.6	1−2.24×7.5	18	1~8	1130	190	72/86	4.5×50	20×70
	710	88		94.6	0.82		630+11×10		1−2.5×7.5	16		1219				
Y500-10	400	52	593	93.3	0.80	850/620/423	480+8×10	1.4	1−2.24×5	20	1~8	992	180	90/114	3.55×35.5	20×35
	450	58		93.4	0.80		530+9×10		1−2.5×5	18		1052				
	500	64		93.6	0.80		580+10×10		1−2.8×5	16	1~9	1143	200			
	560	72		93.7	0.80		630+11×10		1−3.15×5	14		1202				
	630	81		93.8	0.80		680+12×10		1−3.55×5	14	1~8	1237	190			
Y500-12	280	39	494	92.7	0.74		450+8×10		1−1.5×5.6	26	1~7	931	172		3.55×40	
	315	44		92.8	0.75		500+9×10		1−1.7×5.6	24		992				
	355	49		93.0	0.75		530+9×10		1−1.9×5.6	22		1022				
	400	55		93.3	0.75		580+10×10		1−2.12×5.6	20		1083				
Y500-12	450	62	494	93.4	0.75	850/620/423	650×12×10	1.4	1−2.5×5.6	18	1~7	1174	172	90/114	3.55×40	20×35

注 1. 电动机接法：Y 接。

2. 表中铁心直径为定子外径/定子内径/转子内径。

表 2-21　　Y 系列中型高压三相异步电动机铁心、绕组技术数据（6kV、50Hz、小直径）

型号	额定功率(kW)	满载时				铁心		气隙长度	定子					槽数 Z_1/Z_2	转子	
		定子电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	直径	长度		线规	每槽线数	节距	半匝长	端部长		线规	端环尺寸
						(mm)						(mm)			(mm)	
Y355-4	220	27	1480	93.3	0.85	560/330/167	430+7×10	1.4	1-1.18×4.5	30	1～13	1127	275	60/50	4.5×35	20×45
	250	30		93.4	0.85		450+8×10		1-1.25×4.5	28	1～14	1191	295			
	280	34		93.5	0.86		480+8×10		1-1.4×4.5	26		1222				
	315	38		93.6	0.86		530+9×10		1-1.6×4.5	24		1282				
Y355-6	220	28	989	93.0	0.82											
	250	31		93.3	0.82											
Y400-4	355	42	1480	93.8	0.86	630/390/210	400+7×10	1.5	1-1.25×5.6	24	1～14	1132	273	60/50	5×31.5	25×40
	400	48		94.0	0.86		450+8×10		1-1.4×5.6	22		1192				
	450	53		94.2	0.86		480+8×10		1-1.6×5.6	20		1223				
	500	59		94.3	0.87		530+9×10		1-1.8×5.5	18		1282				
	560	66		94.5	0.87		580+10×10		1-2×5.6	17		1344				
Y400-6	280	35	990	93.5	0.83	630/410/240	480+8×10	1.2	1-1.4×5	24	1～12	1127	219	72/58	6.3×40	20×40
	315	39		93.7	0.83		530+9×10		1-1.6×5	22		1187				
	355	44		93.9	0.83		580+10×10		1-1.8×5	20		1247				
	400	49		94.0	0.83		630+11×10		1-2.12×5	18		1309				
Y400-8	220	29	740	92.9	0.78	630/450/250	500+9×10		2 串—1.8×3.15	32	1～9	1083	217		7.1×31.5	20×45
Y400-3	250	33	740	93.0	0.79	630/450/240	580+10×0	1.2	2 串—2.0×3.15	28	1～9	1172	217	72/58	7.1×3.15	20×45
	280	37		93.2	0.79		630+11×10		2 串—2.24×3.15	28	1～8	1196				
Y450-4	630	74	1483	94.7	0.87	710/450/240	480+8×10	1.8	1-1.9×7.1	18	1～14	1261	282	60/50	5.6×35.5	25×50
	710	83		94.9	0.87		530+9×10		1-2.24×7.1	16		1323				
	800	93		95.1	0.87		580+10×10		1-2.5×7.1	15		1384				
	900	105		95.2	0.87		650+12×10		1-2.8×7.1	13		1472				
Y450-6	450	55	988	94.3	0.84	710/480/290	480+8×10	1.3	1-1.6×6.3	22	1～11	1111	231	72/86	4×40	25×40
	500	60		94.5	0.85		530+9×10		1-1.8×6.3	20		1172				
	560	67		94.6	0.85		580+10×10		1-2.0×6.3	18		1230				
	630	72		94.7	0.85		630+11×10		1-2.36×6.3	16		1292				
Y450-8	315	41	740	93.4	0.80	710/510/310	480+8×10		2-1.18×3.15	26	1～9	1046	202		4.5×45	20×50
	355	46		93.5	0.80		530+9×10		2-1.32×3.15	24		1106				
	400	51		93.7	0.80		580+10×10		2-1.5×3.15	22		1167				
	450	57		93.8	0.81		630+11×10		2-1.7×3.15	20		1227				
Y450-1	220	30	592	92.1	0.77		450+8×10	1.1	1-1.4×4	26		968	189	90/106	3.55×31.5	20×35
	250	33		92.3	0.78		480+8×10		1-1.6×4	24		999				

续表

型号	额定功率(kW)	满载时				铁心		气隙长度	定子					槽数 Z_1/Z_2	转子	
		定子电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	直径	长度		线规	每槽线数	节距	半匝长	端部长		线规	端环尺寸
						(mm)						(mm)			(mm)	
Y450-10	280	37	592	92.5	0.78	710/510/310	530+9×10	1.1	1-1.8×4	22	1~9	1059	189	90/106	3.55×3.15	20×35
	315	41		92.6	0.79		580+10×10		1-2×4	20		1119				
	355	47		92.8	0.79		630+11×10		1 -2.24×4	18		1178				
Y450-12	220	32	495	91.4	0.73		530+9×10		1-1.6×4	26	1~7	1002	168			
	250	36		91.7	0.73		580+10×10		1-1.8×4	24		1062				
Y500-4	1000	116	1487	95.3	0.87	800/515/260	550+10×10	2.1	2-1.25×4	26	1~14	1392	288	60/50	6.3×45	25×60
	1120	128		95.4	0.88		600+11×10		2-1.4×4	24		1453				
	1250	143		95.5	0.88		650+12×10		2-1.6×4	22		1513				
	1400	160		95.6	0.88		730+13×10		2 1.8×4	20		1593				
Y500-6	710	85	990	95.0	0.85	800/550/340	530+9×10	1.6	1-2.5×6.7	16	1~11	1190	226	72/86	4.5×40	20×60
	800	95		95.1	0.85		580+10×10		1-2.8×6.7	15		1252				
	900	107		95.2	0.85		650+12×10		1-3.15×6.7	13		1340				
	1000	119		95.3	0.85		730+13×10		1-3.55×6.7	12		1432				
Y500-8	500	63	741	94.2	0.81	800/580/350	530+9×10		1-1.8×7.1	20	1~8	1085	198		4.5×50	20×70
	560	70		94.4	0.82		600+11×10		1 2.0×7.1	18	1~9	1175				
	630	78		94.5	0.82		650+12×10		1-2.36×7.1	16		1273				

二、YX系列高效率三相异步电动机铁心、绕组技术数据

高效率电动机的定义：凡是总损耗比标准系列电机降低20%以上的电动机，统称为高效率电动机。高效率电动机比标准电动机（指极数相同、功率相同）效率提高3%左右。

高效率电动机的特点：①效率高。高效率YX系列电动机比Y系列电动机效率提高3%左右，损耗可降低20%～30%。②效率曲线平坦，额定转差率小，减少运行损耗。③功率因数维持原水平或有所提高。④起动转矩大、噪声小、振动小、温升低、寿命长。⑤电动机成本比标准电动机高30%。YX系列高效率电动机是在Y基本系列上派生出的，其功率等级与安装尺寸、额定功率等使用条件均与基本系列相同。由于采用了一系列新的设计和工艺措施，如采用铁耗较低的磁性材料用量，改进定、转子槽配合和风扇结构等，使电动机总损耗平均下降20%以上，效率提高3%左右。YX系列高效率三相异步电动机铁心、绕组技术数据见表2-22。

表 2-22

YX 系列高效率三相异步电动机铁心、绕组技术数据

型号	额定功率 (kW)	额定电流 (A)	定子铁心 (mm) 外径	定子铁心 (mm) 内径	铁心长度 (mm)	气隙长度 (mm)	定/转子槽数 Z_1/Z_2	绕组型式	并联路数	节距	每槽匝数	线规 n_c-d_c (mm)	转速 (r/min)	效率(%) 输出功率/额定功率(%) 100	效率(%) 75	效率(%) 50	功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	质量 (kg)
YX-100L-2	3	5.9	155	84	115	0.4	24/20	单层同心式	1	1～12 2～11	38	2-φ0.85	2880	86.5	86.8	86.3	0.89	2.0	8.0	2.2	36
YX-112M-2	4	7.7	175	98	120	0.45	36/28			1～18 2～17 3～16	37	1-φ1.18	2910	88.3	88.6	88					48
YX-132S1-2	5.5	10.6	210	116	110	0.55					34	1-φ1.0 1-φ1.06	2920	88.6	89	88.2		1.8			70
YX-132M-2	7.5	14.3			145						26	2-φ1.18		89.7	90.2	89.4					75
YX-160M1-2	11	20.9	260	150	150	0.65					20	3-φ1.25	2950	90.8	91.2	90	0.88				135
YX-160M2-2	15	27.8			190						16	2-φ1.18 1-φ1.25		92	92.4	91.6					146
YX-160L-2	18.5	34.3			215						14	4-φ				91.7					157
YX-180M-2	22	40.1	290	160	205	0.8		双层叠式	2	1～14	28	2-φ1.25 1-φ1.18		92.5	92.5	92.1	0.90				195
YX-200L1-2	20	54.5	327	182	200	1.0						3-φ1.4	2960	93	93	92.7			7.5		258
YX-200L2-2	37	67			235						24	4-φ1.3	2950	93.2	93.4	93					275
YX-225M-2	45	80.8	368	210	220	1.1					20	5-φ1.44	2970	94	94	93.5					332
YX-250M-2	55	99.7	400	225	240	1.2	42/34			1～17	14	5-φ1.5 1-φ1.6	2980	94.2	94.2	93.6	0.89				472
YX-200S-2	75	135.8	445	755	245	1.5				1～16		9-φ1.5	2970		94.4	93.7					565

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电流 (A)	定子铁心 (mm)		铁心长度 (mm)	气隙长度 (mm)	定/转子槽数 Z_1/Z_2	绕组型式	并联路数	节距	每槽匝数	线规 n_c-d_c (mm)	转速 (r/min)	效率(%) 输出功率/额定功率(%)			功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	质量 (kg)
			外径	内径										100	75	50					
YX-208M-2	90 —	162.5	445	225	275	1.5	42/34		2	1～16	12	6-ϕ1.5 4-ϕ1.6	2980	94.5	94.6	94	0.89	1.8		2.2	605
YX-100L1-4	2.2	4.7	155	98	135	0.3	36/32	单层交叉式	1	2/1～9 1/1～8	35	1-ϕ1.18	1440	86.3	87	86.5	0.82	2.0	8.0		36
YX-100L2-4	3	6.4			160						29	1-ϕ1.30		86.5	87.2	86.6					41
YX-112M-4	4	8.3	175	110	160	0.3					46	1-ϕ1.25	1460	88.3	89	88.5	0.83				52
YX-132S-4	5.5	11.2	210	136	145	0.4					40	1-ϕ0.9 2-ϕ0.85		89.5	90.2	89.5					75
YX-132M-4	7.5	14.82			180						32	2-ϕ1.18		90.3	90.7	90.3	0.85				82
YX-160M-4	11	20.9	260	170	175	0.5	48/44	单层链式		1～11	20	2-ϕ1.18 1-ϕ1.25	1470	91.8	92	91.6	0.87				133
YX-160L-4	15	28.5			215				4		16	1-ϕ1.12 3-ϕ1.18			92.2	91.7					157
YX-180M-4	18.5	35.2	290	187	220	0.55		双层叠式	2		60	2-ϕ0.95	1480	93	93.2	92.8	0.86	1.8	7.5		190
YX130L-4	22	41.7			250						52	1-ϕ1.06 1-ϕ0.95		93.2	93.5	93					205
YX-222L-4	30	56	327	210		0.65					26	3-ϕ1.40		93.5	93.8	93.5	0.87				275
YX-225S-4	37	68.9	368	245	235	0.7			4	1～12	42	1-ϕ1.20 1-ϕ1.50	1490	93.8	94.2	93.7					324
YX-250M-4	45	83.5			260						38	2-ϕ1.50	1480	94.1	94	94					349

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电流 (A)	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	铁心长度 (mm)	气隙长度 (mm)	定/转子槽数 Z_1/Z_2	绕组型式	并联路数	节距	每槽匝数	线规 n_c-d_c (mm)	转速 (r/min)	效率(%) 输出功率/额定功率(%) 100	75	50	功率因数	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	质量 (kg)
YX-280S-4	75	136.5	445	300	290	0.9	60/50	双层叠式	4	1～14	24	4-ϕ1.30 1-ϕ1.40	1490	94.7	95	94.6	0.88	1.8	7.5	2.2	605
YX-280M-4	90	161.7			345						20	2-ϕ1.40 3-ϕ1.50		95	95.2	94.8					670
YX-100L-6	1.5	3.8	155	106	115	0.25	36/33	双层链式	1	1～6	50	1-ϕ0.95	960	82.4	82.8	82	0.72	2.0	7.0	2.0	35
YX-112M-6	2.2	5.3	175	120	130	0.3					41	1-ϕ1.18	970	85.3	85.8	84.7	0.74				48
YX-132S-6	3	6.9	210	148	125	0.35					35	1-ϕ1.25 1-ϕ1.30	980	87.2	87.5	86.8	0.76				70
YX-132M1-6	4	9			150						49	2-ϕ1.18 1-ϕ1.25	970	88	88.4	87.6	0.77				77
YX-132M2-6	5.5	12.1	260	180	195	0.4	54/44			1～9	38	2-ϕ0.95	980	88.5	88.8	88.3	0.78				85
YX-160M-6	7.5	16			165						24	2-ϕ1.0 1-ϕ1.06		90	90.4	89.6	0.79				127
YX-160L-6	11	23.4			220						18	2-ϕ1.0 1-ϕ1.18		90.4	91	90.1					155
YX-180L-6	15	30.7	290	205	235	0.45			3		48	2-ϕ1.18 1 ϕ1.06		91.7	92.2	91.5	0.81	1.8			195
YX-200L1-6	18.5	36.9	327	230	215	0.5	72/58		2	1～12	24	3-ϕ1.25					0.83				250
YX-200L2-6	22	43.2	327	230	225	0.5	72/58		2	1～12	22	2-ϕ1.0 1-ϕ1.18	980	92.1	92.5	91.8	0.84	7.0	2.0	2.0	270
YX-225M-6	30	57.7	368	260	240	0.5	72/58	双层叠式	3	1～12	28	2-ϕ1.18 1-ϕ1.06	990	93	93.4	92.8	0.85	7.0	2.0	2.0	327
YX-250M-6	37	70.8	400	285	235	0.55					30	3-ϕ1.25		93.4	93.8	93.2					441
YX-280S-6	45	84	445	325		0.65					24	3-ϕ1.18 1-ϕ1.25		93.6	94	93.4	0.87				540
YX-280M-6	55	112.4			280						20	2-ϕ1.25 1-ϕ1.60		93.8	94.2	93.6					595

三、YR（IP44）系列绕线转子电动机铁心、绕组技术数据

（1）YR（IP44）系列绕线转子电动机铁心、绕组技术数据（见表2-23）。

（2）YR（IP23）系列绕线转子电动机铁心、绕组技术数据（见表2-24）。

表2-23　　YR（IP44）系列绕线转子电动机铁心、绕组技术数据

型号	功率(kW)	外径	内径	铁心长度	气隙长度	定子								转子							
		(mm)				槽数	每槽线数	绕组型式	线规 根数	线规 直径(mm)	跨距 y	并联路数	平均半匝长(mm)	槽数	每槽线数	线规 根数	线规 直径或长×宽(mm)	跨距 y	并联路数	平均半匝长(mm)	相电阻(Ω)
4极																					
YR132M1-4	4	210	136	115	0.4	36	102	双层叠绕	1	0.8	1~9	2	280	24	28	3	1.03	1~6	1	237	0.435
YR132M2-4	5.5	210	136	155	0.4	36	74		1	0.95	1~9	2	320	24	24	2 1	1.12 1.18	1~6	1	297	0.376
YR160M-4	7.5	260	170	130	0.5	36	74		1	1.12	1~9	2	321	24	44	2 1	1.00 1.06	1~6	2	262	0.204
YR160L-4	11	260	170	185	0.5	36	52		2	0.95	1~9	2	376	24	34	3	1.18	1~6	2	317	0.143
YR180L-4	15	290	187	205	0.55	48	32		2	1.06	1~11	2	403	36	18	3	1.30	1~9	2	369	0.109
YR200L1 4	18.5	327	210	175	0.55	48	64		1	1.18	1~11	4	395	36	16	4	1.40	1~9	2	355	0.060 1
YR200L1-4	18.5	327	210	175	0.55	48	64		1	1.18	1~11	4	395	36	8	1	2×5.6	1~9	1	412	0.078
YR200L2-4	22	327	210	205	0.55	48	54		1	1.30	1~11	4	425	36	16	4	1.40	1~9	2	385	0.065 2
YR200L2-4	22	327	210	205	0.55	48	54		1	1.30	1~11	4	425	36	8	1	2.24×5.6	1~9	1	442	0.083 7
YR225M-4	30	368	245	215	0.7	48	22		3	1.25	1~11	2	458	36	16	6	1.25	1~9	2	416	0.058 8
YR225M-4	30	368	245	215	0.7	48	22		3	1.25	1~11	2	458	36	8	1	2.5×5.6	1~9	1	477	0.073 5
YR250M1-4	37	400	260	220	0.8	48	40		2	1.25	1~12	4	506	36	12	8	1.40	1~9	2	437	0.027 7
YR250M1-4	37	400	260	220	0.8	48	40		2	1.25	1~12	4	506	36	6	2	2×5.6	1~9	1	501	0.035 6
YR250M2 4	45	400	260	260	0.8	48	34		3	1.12	1~12	4	546	36	12	8	1.40	1~9	2	477	0.030 3
YR250M2-4	45	400	260	260	0.8	48	34		3	1.12	1~12	4	546	36	6	2	2×5.6	1~9	1	541	0.038 4
YR280S-4	55	445	300	240	0.9	60	26		2	1.50	1~14	4	544	48	12	7	1.40	1~12	2	499	0.048 2
YR280S-4	55	445	300	240	0.9	60	26		2	1.50	1~14	4	544	48	6	2	2×5	1~12	1	562	0.059 8
YR280M-4	75	445	300	340	0.9	60	18		1 2	1.40 1.50	1~14	4	644	48	12	7	1.40	1~12	4	599	0.014 5
YR280M-4	75	445	300	340	0.9	60	18		1 2	1.40 1.50	1~14	4	644	48	6	2	2×5	1~12	2	662	0.017 6
6极																					
YR132M1-6	3	210	148	125	0.35	48	40	双层叠绕	1	1.00	1~8	1	248	36	20	3	1.00	1~6	1	223	0.493
YR132M2-6	4	210	148	165	0.35	48	70		1	0.80	1~8	2	288	36	34	2	0.95	1~6	2	263	0.411
YR160M-6	5.5	260	180	140	0.4	48	66		1	1.00	1~8	2	278	36	34	2	1.06	1~6	2	245	0.307
YR160L-6	7.5	260	180	185	0.4	48	50		1	1.18	1~8	2	323	36	28	2	1.18	1~6	2	290	0.242
YR180L-6	11	290	205	205	0.45	54	38		1	1.25	1~9	2	366	36	28	4	1.00	1~6	2	329	0.191
YR200L-6	15	327	230	190	0.45	54	34		1 1	1.06 1.12	1~9	2	365	36	16	2 4	1.18 1.25	1~6	2	325	0.047 6
YR200L-6	15	327 368	230	190	0.45	54	34		1 1	1.06 1.12	1~9	2	365	36	8	1	2.24×5.6	1~6	1	388	0.067 1
YR225M1 6	18.5	368	260	160	0.5	54	36		1 1	1.18 1.25	1~9	2	351	36	16	8	1.25	1~6	2	325	0.032 3
YR225M1-6	18.5		260	160	0.5	54	36		1 1	1.18 1.25	1~9	2	351	36	8	1	2.8×6.3	1~6	1	371	0.045 1

续表

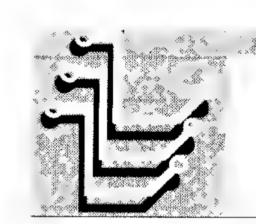
型号	功率(kW)	外径(mm)	内径(mm)	铁心长度(mm)	气隙长度(mm)	定子 槽数	定子 每槽线数	定子 绕组型式	定子 线规 根数	定子 线规 直径(mm)	定子 跨距 y	定子 并联路数	定子 平均半匝长(mm)	转子 槽数	转子 每槽线数	转子 线规 根数	转子 线规 直径或长×宽(mm)	转子 跨距 y	转子 并联路数	转子 平均半匝长(mm)	相电阻(Ω)
6　极																					
YR225M2-6	22	368	260	190	0.5	54	30	双层叠绕	1 1	1.30 1.40	1~9	2	381	36	16	8	1.25	1~6	2	335	0.035 5
YR225M2 6	22	368	260	190	0.5	54	30		1 1	1.30 1.40	1~9	2	381	36	8	1	2.8×6.3	1~6	1	401	0.048 7
YR250M1-6	30	400	285	230	0.55	72	18		3 1	1.12 1.18	1~12	2	453	48	12	7	1.40	1~8	2	407	0.039 4
YR250M1-6	30	400	285	230	0.55	72	18		3 1	1.12 1.18	1~12	2	453	48	6	2	2.24×5	1~8	1	476	0.046
YR250M2-6	37	400	285	260	0.55	72	16		3	1.40	1~12	2	483	48	12	5 3	1.30 1.40	1~8	2	437	0.041
YR250M2-6	37	400	285	260	0.55	72	16		3	1.40	1~12	2	483	48	6	2	2.24×5	1~8	1	506	0.049
YR280S-6	45	445	325	250	0.65	72	14		3 1	1.40 1.50	1~12	2	493	48	12	3 6	1.30 1.40	1~8	2	448	0.035 3
YR280S-6	45	445	325	250	0.65	72	14		3 1	1.40 1.50	1~12	2	493	48	6	2	2.5×5.6	1~8	1	514	0.040
YR280M-6	55	445	325	290	0.65	72	12		3 1	1.50 1.60	1~12	2	533	48	12	9	1.40	1~8	2	499	0.038
YR280M-6	55	445	325	290	0.65	72	12		3 1	1.50 1.60	1~12	2	533	48	6	2	2.5×5.6	1~8	1	554	0.043
8　极																					
YR160M-8	4	260	180	140	0.4	48	92	双层叠绕	1	0.9	1~6	2	247	36	42	2	0.95	1~5	2	230	0.443
YR160Z-8	5.5	260	180	185	0.4	48	70		1	1.0	1~6	2	292	36	34	2	1.06	1~5	2	275	0.345
YR180L-8	7.5	290	205	180	0.45	54	28		1 1	1.06 1.12	1~7	1	310	36	34	1 1	1.25 1.30	1~5	2	287	0.249
YR200L 8	11	327	230	190	0.5	54	44		2	0.95	1~7	2	332	36	16	2 4	1.18 1.25	1~5	2	313	0.046
YR200L-8	11	327	230	190	0.5	54	44		2	0.95	1~7	2	332	36	8	1	2.2×5.6	1~5	1	373	0.064
YR225M1-8	15	368	260	190	0.5	54	40		2	1.12	1~7	2	344	36	16	8	1.25	1~5	2	314	0.033 3
YR225M1-8	15	368	260	190	0.5	54	40		2	1.12	1~7	2	344	36	8	1	2.8×6.3	1~5	1	381	0.046 3
YR225M2-8	18.5	368	260	235	0.5	54	32		2	1.30	1~7	2	389	36	16	8	1.25	1~5	2	359	0.038 1
YR225M2-8	18.5	368	260	235	0.5	54	32		2	1.30	1~7	2	389	36	8	1	2.8×6.3	1~5	1	426	0.051 8
YR250M1-8	22	400	285	230	0.55	72	48		1	1.40	1~9	4	406	48	12	7	1.40	1~6	2	370	0.035 8
YR250M1-8	22	400	285	230	0.55	72	48		1	1.40	1~9	4	406	48	6	2	2.24×5	1~6	1	443	0.043
YR250M2-8	30	400	285	280	0.55	72	74		1	1.12	1~9	8	456	48	12	7	1.40	1~6	2	430	0.041
YR250M2-8	30	400	285	280	0.55	72	74		1	1.12	1~9	8	456	48	6	2	2.25×5	1~6	1	493	0.047
YR280S-8	37	445	325	250	0.65	72	36		3	1.00	1~9	4	440	48	12	9	1.40	1~6	2	414	0.031
YR280S-8	37	445	325	250	0.65	72	36		3	1.00	1~9	4	440	48	6	2	2.5×5.6	1~6	1	476	0.037
YR280M-8	45	445	325	340	0.65	72	28		2	1.40	1~9	4	530	48	12	3 6	1.30 1.40	1~6	2	494	0.039
YR280M-8	45	445	325	340	0.65		28		2	1.40	1~9	4	530	48	6	2	2.5×5.6	1~6	1	566	0.044

表 2-24　　YR（IP23）系列绕线转子电动机铁心、绕组技术数据

型号	功率(kW)	外径	内径	铁心长度	气隙长度	定子								转子							
		(mm)				槽数	每槽线数	绕组型式	线规 根数	线规 直径(mm)	跨距 y	并联路数	平均半匝长(mm)	槽数	每槽线数	线规 根数	线规 直径或长×宽(mm)	跨距 y	并联路数	平均半匝长(mm)	相电阻(Ω)
4　极																					
YR160M-4	7.5	290	187	85	0.55	48	34	双层叠绕	1	1.50	1~11	1	283	36	18	3	1.12	1~9	1	245	0.389
YR160L1-4	11	290	187	115	0.55	48	50		2	0.85	1~11	2	313	36	14	4 3	1.12	1~9	1	275	0.255
YR160L2-4	15	290	187	150	0.55	48	38		2	1.00	1~11	2	348	36	10	1	1.30 1.40	1~9	1	310	0.146
YR180M-4	18.5	327	210	135	0.55	48	40		2	1.12	1~11	2	354	36	8	1	1.8×5	1~9	1	373	0.088
YR180L-4	22	327	210	155	0.55	48	34		1 1	1.18 1.25	1~11	2	374	36	8	1	1.8×5	1~9	1	393	0.093
YR200M-4	30	368	245	140	0.7	48	62		2	0.95	1~11	4	383	36	8	1	2×5.6	1~9	1	401	0.076
YR200L-4	37	368	245	175	0.7	48	50		2	1.00	1~11	4	418	36	8	2	2×5.6	1~9	1	436	0.083
YR225M1-4	45	400	260	155	0.8	48	24		1 3	1.12 1.18	1~12	2	440	36	6	2	1.8×4.5	1~9	1	439	0.043
YR225M2-4	55	400	260	185	0.8	48	40		1 1	1.25 1.30	1~12	4	470	36	6	2	1.8×4.5	1~9	1	469	0.046
YR250S-4	75	445	300	185	0.9	60	14		2 3	1.25 1.30	1~14	2	489	48	6	2	1.6×4.5	1~12	1	504	0.075
YR250M-4	90	445	300	215	0.9	60	12		4 2	1.25 1.30	1~14	2	519	48	6	2	1.6×4.5	1~12	1	534	0.0795
YR280S-4	110	493	330	200	1.0	60	24		4	1.25	1~14	4	533	48	4	2	2.24×6.3	1~12	1	557	0.028
YR280M-4	132	493	330	240	1.0	60	20		4	1.40	1~14	4	573	48	4	2	2.24×6.3	1~12	1	597	0.030 4
6　极																					
YR160M-6	5.5	290	205	95	0.45	54	36	双层叠绕	2	0.95	1~9	1	256	36	24	1 1	1.18 1.25	1~6	1	217	0.584
YR160L-6	7.5	290	205	115	0.45	54	58		1	1.06	1~9	2	276	36	18	3	1.12	1~6	1	237	0.376
YR180M-6	11	327	230	125	0.45	54	46		1	1.40	1~9	2	300	36	8	1	1.8×4	1~6	1	325	0.097
YR180L-6	15	327	230	155	0.45	54	36		2	1.06	1~9	2	330	36	8	1	1.8×4	1~6	1	355	0.106
YR200M-6	18.5	368	260	135	0.50	54	36		2	1.18	1~9	2	326	36	8	1	1.8×5	1~6	1	346	0.082 1
YR200L-6	22	368	260	165	0.50	54	30		1 1	1.30 1.40	1~9	2	356	36	8	1	1.8×5	1~6	1	376	0.089 2
YR225M1-6	30	400	285	145	0.55	72	38		2	1.12	1~12	3	368	54	6	2	1.6×4.5	1~9	1	390	0.065
YR225M2-6	37	400	285	175	0.55	72	30		1 1	1.18 1.25	1~12	3	398	54	6	2	1.6×4.5	1~9	1	420	0.070 4
YR250S-6	45	445	325	165	0.65	72	28		2	1.40	1~12	3	408	54	6	2	1.8×4.5	1~9	1	428	0.064
YR250M-6	55	445	325	195	0.65	72	24		4	1.03	1~12	3	438	54	6	2	1.8×4.5	1~9	1	458	0.068
YR280S-6	75	493	360	185	0.7	72	22		3	1.40	1~12	3	448	54	6	2	2×5	1~9	1	474	0.057
YR280M-6	90	493	360	240	0.7	72	18		3	1.50	1~12	3	503	54	6	2	2×5	1~9	1	529	0.063 3

续表

型号	功率(kW)	外径(mm)	内径(mm)	铁心长度(mm)	气隙长度(mm)	定子								转子							
						槽数	每槽线数	绕组型式	线规 根数	线规 直径(mm)	跨距 y	并联路数	平均半匝长(mm)	槽数	每槽线数	线规 根数	线规 直径或长×宽(mm)	跨距 y	并联路数	平均半匝长(mm)	相电阻(Ω)
8 极																					
YR160M-8	4	290	205	95	0.45	54	48	双层叠绕	1	1.18	1~7	1	226	36	30	1 1	1.06 1.12	1~5	1	201	0.839
YR160L-8	5.5	290	205	115	0.45	54	38		2	0.95	1~7	1	246	36	22	2	1.25	1~5	1	221	0.515
YR180M-8	7.5	327	230	125	0.45	54	64		1	1.18	1~7	2	267	36	8	1	1.8×4	1~5	1	307	0.092
YR180L-8	11	327	230	155	0.45	54	48		1	1.30	1~7	2	297	36	8	1	1.8×4	1~5	1	337	0.1
YR200M-8	15	368	260	135	0.50	54	44		1	1.60	1~7	2	288	36	8	1	1.8×5	1~5	1	326	0.077 3
YR200L-8	18.5	368	260	165	0.50	54	36		2	1.25	1~7	2	318	36	8	1	1.8×5	1~5	1	356	0.084
YR225M1-8	22	400	285	145	0.55	72	62		1	1.25	1~9	4	321	48	6	2	1.6×4.5	1~6	1	352	0.052 3
YR225M2-8	30	400	285	200	0.55	72	46		2	1.00	1~9	4	376	48	6	2	1.6×4.5	1~6	1	406	0.060 5
YR225M2-8	30	400	285	175	0.55	72	50		1	1.40	1~9	4	351	48	6	2	1.6×4.5	1~6	1	382	0.057
YR250S-8	37	445	325	165	0.65	72	46		1 1	1.06 1.12	1~9	4	355	48	6	2	1.8×4.5	1~6	1	385	0.051
YR250M-8	45	445	325	195	0.65	72	38		1 1	1.18 1.25	1~9	4	385	48	6	2	1.8×4.5	1~6	1	415	0.055
YR280S-8	55	493	360	185	0.70	72	36		1 1	1.30 1.40	1~9	4	390	48	6	2	2×5	1~6	1	426	0.045
YR280M-8	75	493	360	240	0.70	72	28		1 1	1.50 1.60	1~9	4	445	48	6	2	2×5	1~6	1	481	0.051 1



第三章

三相多速异步电动机重绕与改绕

鼠笼式异步电动机的转速与定子绕组的极对数有关，改变极对数就可以改变转速。若把定子绕组接成两种极对数，称为双速电动机；如接成三种极对数，称为三速电动机，以次类推。双速及双速以上的电动机称为多速电动机。

多速电动机可以用两套不同极数及两套可以改变极数的独立绕组来实现。但是采用两套绕组，电动机体积大，用料多，成本高，所以现在生产的多速电动机一般采用一套绕组，通过改变外接线的方法获得多种转速。

三相多速异步电动机的绕组重绕工艺与通用三相异步电动机的绕组的重工艺基本是一样的。多速电动异步电动机是通过改变绕组的节距和绕组的接线来改变电动机转速的，如果不能对多速电动机绕组基本概念、变速方法、绕组接线、极相组的接法和引出线接法有基本的了解，其绕组的重绕是不可能成功的。即使拆除绕组时非常仔细，如果对其变速原理理解的不透彻，也可能出现错误。一旦出错，绕组重绕就无法进行。因此，其绕组的基本概念、变速方法、绕组接线图和绕组引出线接法是多速电动机重绕与改绕的核心技术之一。

第一节　多速单层绕组

一、绕组系数

1. 分布系数

每相绕组在该极下的全部匝数不是集中放在一个槽内，而是平均地分布在几个槽中，这样构成的绕组称为分布绕组。三相交流电动机的绕组都是分布绕组。

在分布绕组中各匝导体中的感应电动势并不相同，而是依次移过一个相角 α(α 等于槽距)。因此，如有 W 匝导体串联，总电动势不等于每匝电动势的 W 倍，而是等于各匝电动势的矢量和。也就是说合成电动势将比集中绕组的各匝电动势直接相加时小，其数值为集中绕组的感应电动势乘上一个系数，这一系数称为分布系数，用 k_d 表示。一般分布系数 k_d 用式(3-1)计算

$$k_d=\frac{E_f}{E_g}=\frac{\sin\frac{q\alpha}{2}}{q\sin\frac{\alpha}{2}} \tag{3-1}$$

式中　q——线圈个数；

α——每个线圈的电角度；

E_f——分布绕组电动势；

E_g——集中绕组的电动势。

例如，当 $q=3$，$\alpha=20°$时

$$k_d=\frac{\sin\frac{3\times20°}{2}}{3\sin\frac{20°}{2}}=\frac{\sin 30°}{3\sin 10°}=\frac{0.5}{3\times0.1736}=0.96$$

用公式计算分布系数，只适用于60°相带和120°相带。

2. 短距系数

在交流电动机绕组中，不仅要求产生一定大小的电动势，还要求电动势具有良好的波形，采用短距线圈能较好地改善电动势的波形，所以被广泛的采用。

满距是两线圈边的电动势算术相加，而短距线圈两线圈边的电动势相位差小于180°，其合成电动势是几何相加的，因此总是小于满距电动势。短距系数 k_p 就表示短距线圈电动势比全距线圈电动势的系数。

磁场旋转时线圈边将产生感应电动势，满距线圈两线圈边 1、2 的感应电动势 E_{K1}、E_{K2} 相位差为 180°，其合成电动势 E_M 为一边电动势的两倍，即 $E_M=2E_K$。短距时则相位差小于 180°，必须用矢量的加法才能得到合成电动势 E_D，写成公式为

$$k_p=\frac{E_D}{E_M} \tag{3-2}$$

在计算 K_p 的值时，必须先算出 E_D，如图 3-1 所示，在三角形 OAB 中。

$$\cos\frac{\beta}{2}=\frac{OB}{OA}=\frac{\frac{E_D}{2}}{E_{K1}} \tag{3-3}$$

$$\frac{E_D}{2}=E_{K1}\cos\frac{\beta}{2}$$

$$E_D=2E_{K1}\cos\frac{\beta}{2}$$

已知 $E_M=2E_K$

$$\therefore\quad E_D=E_M\cos\frac{\beta}{2}$$

短距系数
$$k_p=\frac{E_D}{E_M}=\cos\frac{\beta}{2} \tag{3-4}$$

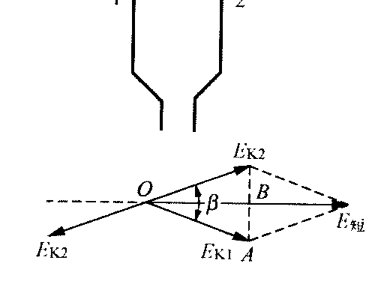


图 3-1　短距情况下槽矢量及其合成

3. 绕组系数

分布系数和短距系数的乘积称为绕组系数。把一绕组的实有匝数乘上绕组系数后，便得该绕组的有效匝数。绕组系数用 k_{dp} 表示，其数值可用式（3-5）计算

$$k_{dp}=k_d k_p \tag{3-5}$$

二、相带绕组的概念

对于三相电动机，可把槽电动势相量星形图中的所有相量分为三、六或十二等份，每一等份区内有 n_s 个槽电动势相量，他们连续占有的空间电角度数（$n_s\alpha$）称为相带。对于三相电动机，有 $n_s\alpha=120°$、60°或30°电角度，相应的名称为 120°相带、60°相带或 30°相带。

1. 60°相带绕组

整数槽绕组是每极每相槽数为整数的三相绕组。将每极槽数划分为三等份，每等份槽数 q 为一个槽带，并在空间占有 60°电角度。

每极每相槽数不等于整数的绕组称为分数槽绕组，它也可以利用槽电动势星形图来分析分数槽绕组，但必需满足以下对称条件

双层分数槽绕组

$$\frac{Z_1}{mt}=\text{整数} \tag{3-6}$$

单层分数槽绕组

$$\frac{Z_1}{2mt}=\text{整数} \tag{3-7}$$

式中 t——槽数 Z_1 与极对数 p 的最大公约数。

这种连续占有空间 60°电角度的绕组称为 60°相带绕组。

2. 120°相带绕组

每极每相绕组所占槽段电角度等于 120°的绕组称为 120°相带绕组。

三、槽矢量星形图的应用

三相异步电动机定子绕组在槽内的排列和连接有一定的规律，其关键是保证三相绕组对称，即各相绕组产生的电动势大小相等，相位互差 120°。定子绕组的排列规律可以用槽电动势矢量图来表示。

三相绕组各线圈匝数相等，并分布在定子槽内的圆周上，各槽的位置不同，其感应电动势之间就有一个相位差，所以可以用矢量来表示各槽的电动势。利用这种方法来表示每槽电动势的图形，称为槽矢量星形图。

槽矢量星形图的画法如下：先计算出相邻槽的电角度 α

$$\alpha=\frac{2p\times 180^\circ}{Z_1} \tag{3-8}$$

式中 Z_1——定子总槽数；

$2p$——极数；

180°——一个极相组所占的电角度。

如 4 极 24 槽电动机，相邻槽间的电角度

$$\alpha=\frac{4\times 180^\circ}{24}=30^\circ$$

在纸上每隔 30°（几何角）作一矢量，并把槽号标上；在一个圆周角上可作十二条长度相等的矢量（因每槽匝数相等，感应电动势相等），4 极电动机的电角度正好是圆周角的 2 倍，所以 4 极的矢量图要转两周，13～24 槽的矢量分别与 1～12 槽的矢量重合，如图 3-2 所示。以这样的规律，2 极 24 槽电动机是绕圆周角转一周，如图 3-3 所示。

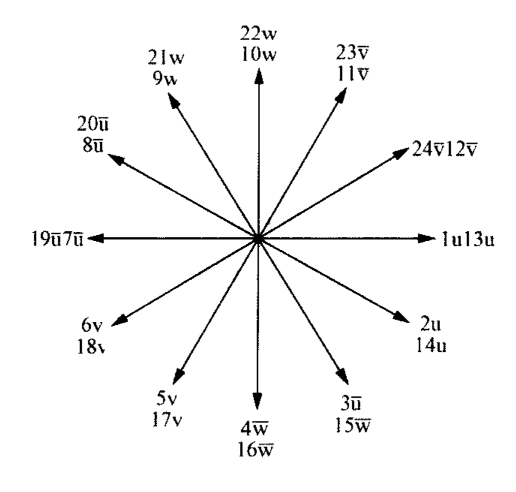


图 3-2 24 槽 4 极矢量星形图

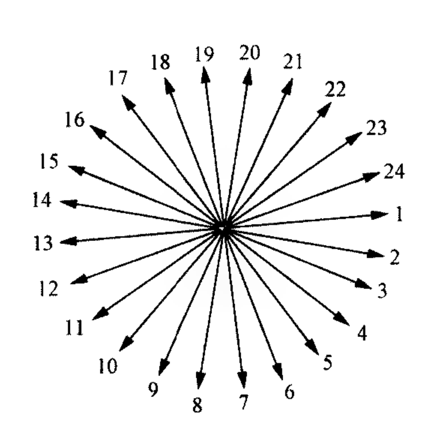


图 3-3 24 槽 2 极矢量星形图

对于双层绕组，作图时只需作每只线圈一个元件边的槽电动势矢量就可以了，下面说明用电动势矢量图排列绕组的方法。

1. 计算相邻两槽电角度

根据已知槽数和极数可算出相邻两槽电角度 α，并画出矢量图。现仍以 4 极 24 槽电动机为例（如图 3-2 所示）。

2. 计算每极每相槽数 q

$$q=\frac{Z_1}{m2p}=\frac{24}{3\times4}=2$$

3. 排出 U 相绕组

（1）任意选两个槽为 U 相在第一极下的相邻的两个槽（如 1、2 槽），并在矢量图的槽号上标上相号。

（2）与 U 相第一极相邻的隔 180°电角度的为 7、8 槽，并标上相号和正负号。

（3）其余两个极应该是 19、20 槽和 13、14 槽，相号和正负号标法与前两极相同。

（4）三相绕组的平衡条件是在位置上彼此相隔 120°电角度，即应相隔 4 槽，所以 V 相应把与第 1、第 2 槽相隔 4 槽的第 5、第 6 槽作为第一极。W 相应把第 9、第 10 槽作为 W 相第一极，其他各槽的安排方法都和 U 相一样。

（5）在矢量图上标上全部相号后，就可以根据它来安排绕组。因为一只线圈两条边的电流方向总是相反的，所以线圈两条边必须安排在矢量相反的槽内。

（6）因为线圈的形式和节距的不同，可以安排各种不同的绕组形式，如图 3-4 所示。

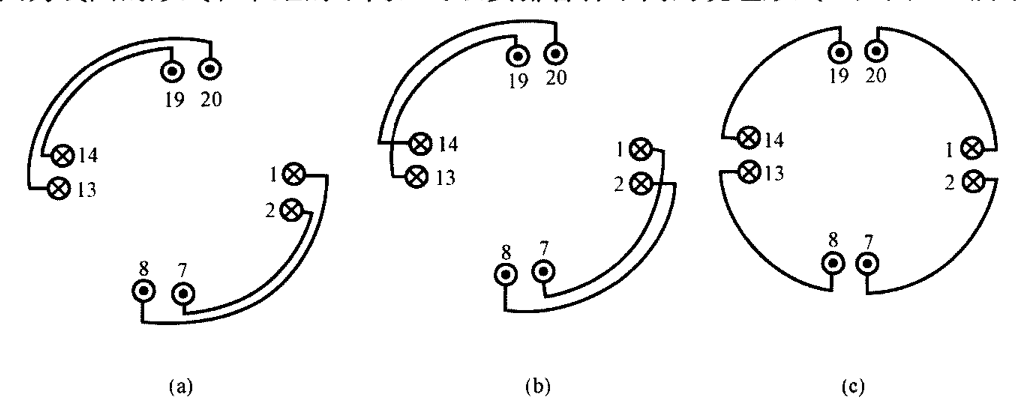


图 3-4　绕组的安排示意图

（a）第一种形式；（b）第二种形式；（c）第三种形式

第二节　变极变速原理

在恒定的频率下，电动机的同步转速与极数成反比，即

$$n_1=\frac{60f}{p}\ (\mathrm{r/min}) \tag{3-9}$$

从式（3-9）可以看出，改变极对数 p，就可以改变电动机的转速。极对数扩大 1 倍，转速就下降一半。不过这种变极调速的方法只能一级一级地改变转速，而不是平滑地调速。采用单一绕组，改变其不同的接线组合方法，可得到不同的极对数。这种方法因其出线头较少，用铜也省，因此得到了广泛的应用。

变极调速电动机的转子一般是鼠笼式的，这种转子的极对数能自动地随着定子极对数的改

变而改变。

单绕组多速异步电动机的变极方法也有多种，本节仅介绍反向法、换相法和变节距法三种。

一、反向变极法的原理和绕组排列

反向变极法（简称反向法），是单绕组多速电动机变极方法中最常用的一种。

1. 变极原理

现以最简单的2/4极来说明反向法变极原理。如果把三相2极电动机U相的两组线圈U1、U2和U′1、U′2，每组都用集中线圈来表示，如图3-5（a）所示，把两组线圈反串连接，则气隙中将形成两极磁场，如图3-5（b）所示。

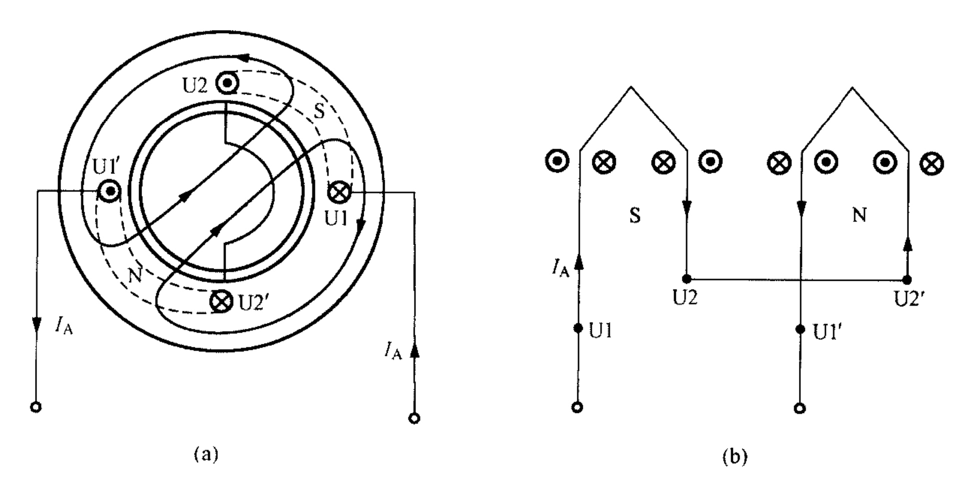


图3-5 U相2极时的原理图

若把绕组进行正串连接，使第二组线圈中U′1、U′2的电流反向，气隙中将形成4极磁场，如图3 6所示。由此可见，要使定子极数改变1倍，只要改变定子绕组的接法，使半相绕组中的电流反向流通即可达到目的，这种方法称为反向变极法。

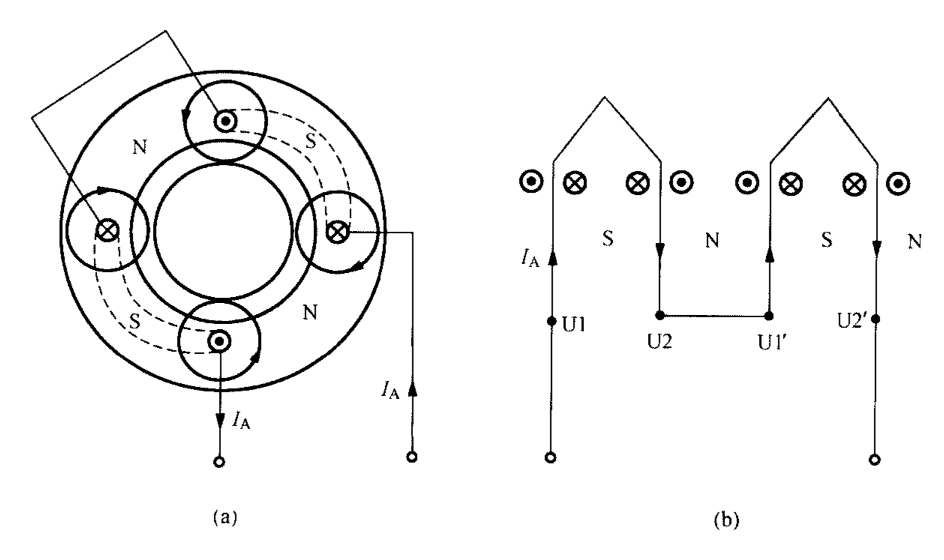


图3-6 U相4极时的原理图

利用反向变极原理，除了得到倍极比（2/4极，4/8极等）多速电动机外，还可以得到非倍极比（4/6极，6/8极等）的多速电动机。

以4/6极多速电动机为例，如图3-7所示。在图3-7（a）中四组线圈进行反串连接，线圈1、2、3、4的电流方向在气隙中形成的磁场为4极磁场。若把半相绕组（线圈3、4）反接，使线圈3、4中的电流反向，则气隙中形成6极磁场，就形成了4/6极多速电动机。

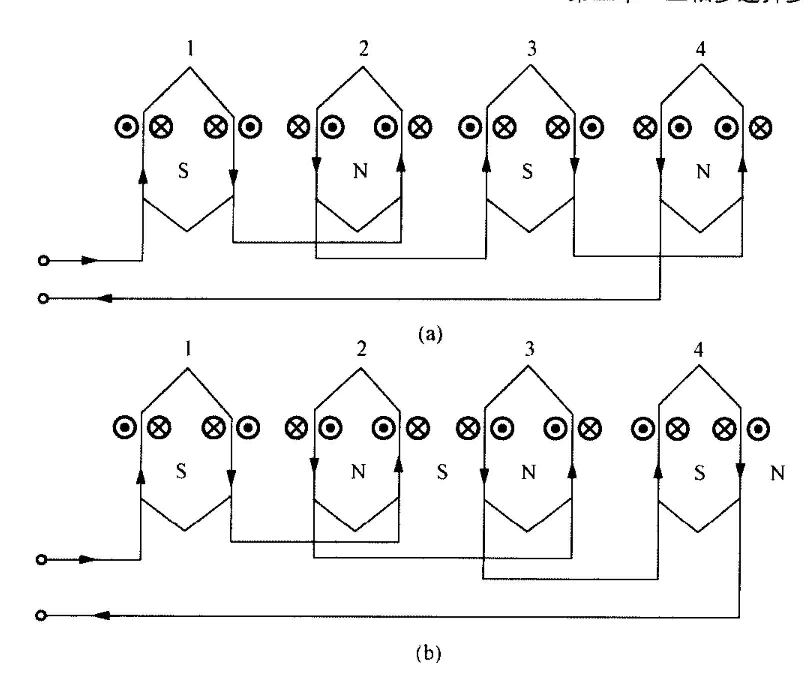


图 3-7　4/6 极电动机变速时的绕组改接

(a) 变向前接法；(b) 半相绕组中的电流反向接法

2. 倍极比双速电动机的绕组排列

单绕组双速电动机都采用双层绕组。在排列倍极比双速绕组时，通常是将少数极作为基本极，采用正规的 60°相带绕组，然后用隐级（庶极法正串连接）得到倍极绕组。

例如，一台定子 24 槽电动机，利用反向法排出 2/4 极双速电动机。

(1) 先用矢量法排出 2 极绕组，采用 60°相带，其槽距角 $\alpha=\frac{360}{24}=15°$，每相每极槽数 $q=\frac{24}{2\times3}=4$，如图 3-8 (a) 所示。

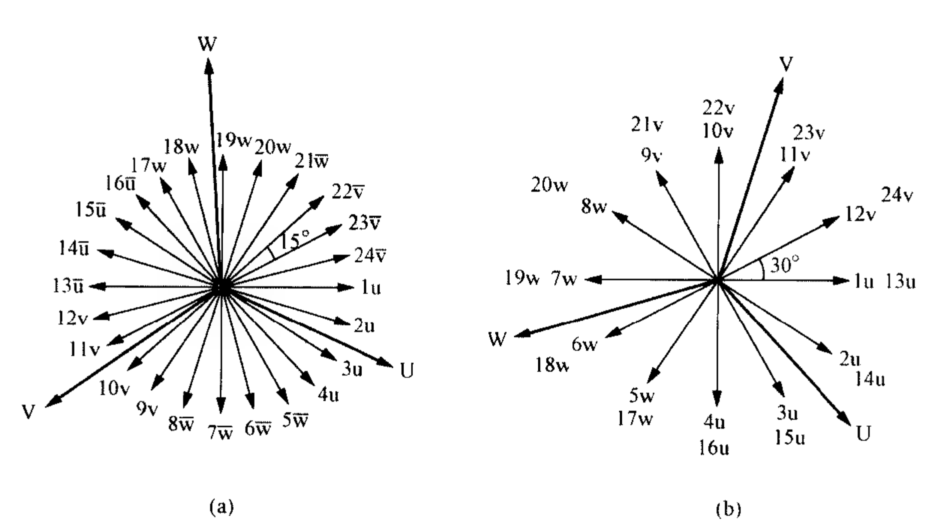


图 3-8　24 槽 2/4 极的槽矢量图

(a) 矢量图 1；(b) 矢量图 2

(2) 画出 4 极时矢量图槽距角 $\alpha=30°$绕组变成 120°相带，如图 3-8 (b) 所示。

(3) 按每槽相号不变的原则（反向法只变线圈电流方向，各槽所属相不变）即对照 2 极 U 相槽号，在 4 极槽矢量图上标出各槽相号。

(4) 确定各槽相号的正负，为此要先选定三个相的矢量方向，根据图 3-8 上各相矢量分布

情况，U 相矢量应选在槽 2u、3u 之间，V 和 W 两矢量应分别选定在 10v、11v 之间和 18w、19w 之间。三个相的合成矢量相位正好互差 120°。各槽相号的正负可根据本相的合成矢量投影的正负来确定，凡是与本相合成矢量交角小于 90°的槽矢量号都为正，大于 90°的都为负。按此方法，对照图 3-8 可知，4 极各槽相号都为正，这说明连接时，应使每相线圈内的电流方向都相同（即隐极接法为正串），而 2 极时绕组接法为反串。

（5）列出全部绕组排列表，见表 3-1。

表 3-1　　24 槽 2/4 极电动机绕组排列表

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2　极	u	u	u	u	−w	−w	−w	−w	v	v	v	v
4　极	u	u	u	u	w	w	w	w	v	v	v	v
反向指示					*	*	*	*				
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2　极	−u	−u	−u	−u	w	w	w	w	−v	−v	−v	−v
4　极	u	u	u	u	w	w	w	w	v	v	v	v
反向指示	*	*	*	*					*	*	*	*

注　表中 * 表示该相在变极时反向。

由表 3-1 可以清楚地看出，无论 U 相、V 相还是 W 相，变极时都有一半线圈反向。

（6）计算绕组系数。绕组分布系数 $k_{d2}=0.958$，$k_{d4}=0.836$。

由于少数极时绕组为 60°相带，多数极时为 120°相带，为使两种极数时的磁势波形接近于正弦波，并照顾多极数的出力，少极数时的绕组节距取其全距的 2/3、多极数时的节距取全距的 4/3 或 1，因此短距系数 $k_{p2}=0.707$；$k_{p4}=1$（本例），绕组系数为

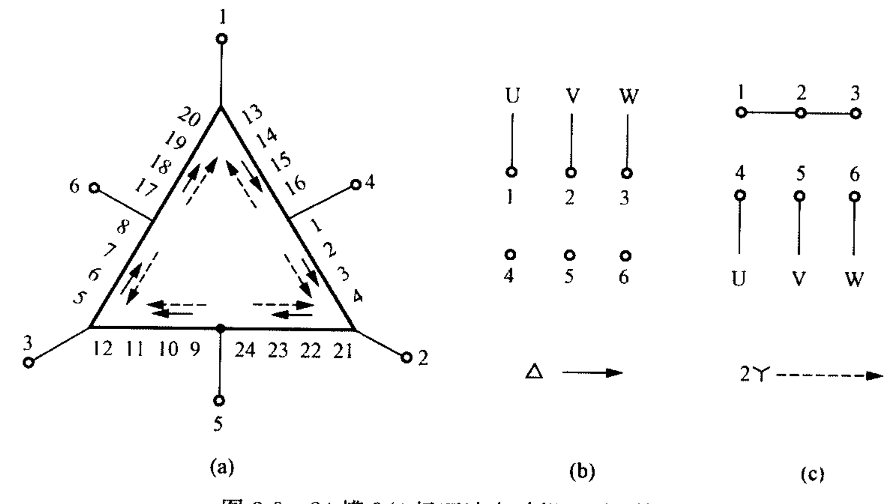
$$k_{dp2}=0.958\times0.707=0.677$$

$$k_{dp4}=0.836\times1=0.836$$

比较图 3-8(a)、(b)相矢量中的相序，两者正相反，即 2 极时相序 U、V、W；4 极时则改为 U、W、V。为使两种极数时转子转向相同，变极时应把接在 V、W 两相的线端对调一下。

在绕组连接时为使 U 相（V、W 相也同样）绕组的一半（线圈 13、14、15、16）在两种转速时形成两种极数，在 2 极时采用反串连接，在 4 极时采用正串连接。常用的接线方法有 2Y/△、2Y/2Y 及 2Y/Y 等。

2Y/△的接线方法如图 3-9 所示。在 2 极时定子每相绕组的两组线圈并联，接成双星形



(a)　(b)　(c)

图 3-9　24 槽 2/4 极双速电动机 2Y/△接法

(a) 接线图；(b) 接线盒△形接法；(c) 接线盒 2Y 形接法

（2Y）；电源接到引出线 4、5、6，另三个引出线 1、2、3 接在一起，如图 3-9（c）所示。在 4 极时两组线圈串联，三相绕组接成三角形（△），如图 3-9（b）所示。

24 槽 2Y/△双速电动机的绕组圆形接线图如图 3-10 所示，24 槽 2Y/2Y 双速电动机接法如图 3-11 所示，24 槽 2Y/Y 双速电动机的接法如图 3-12 所示。

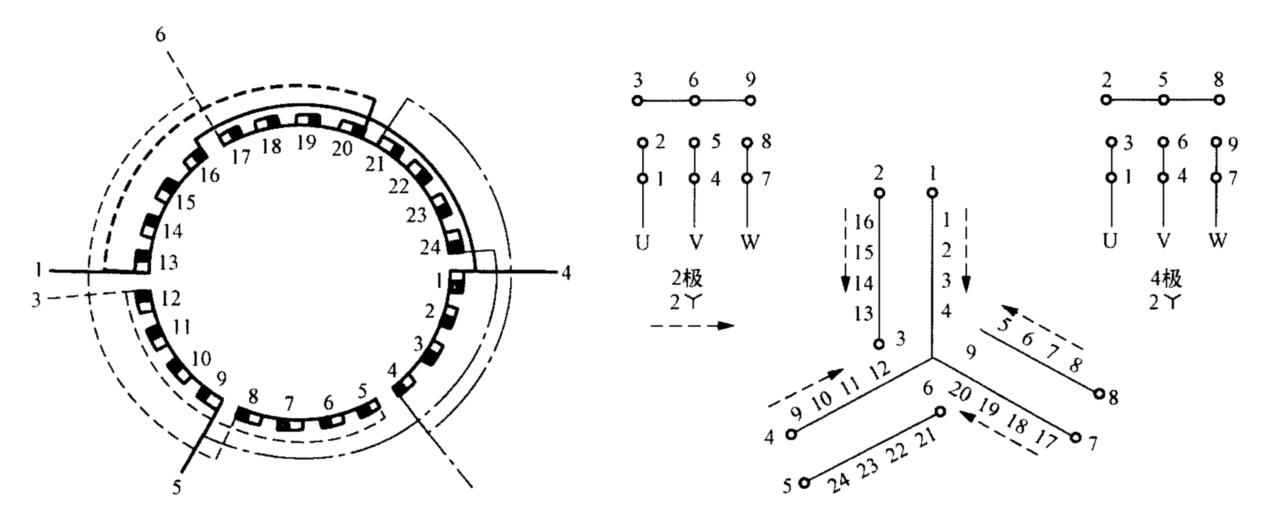
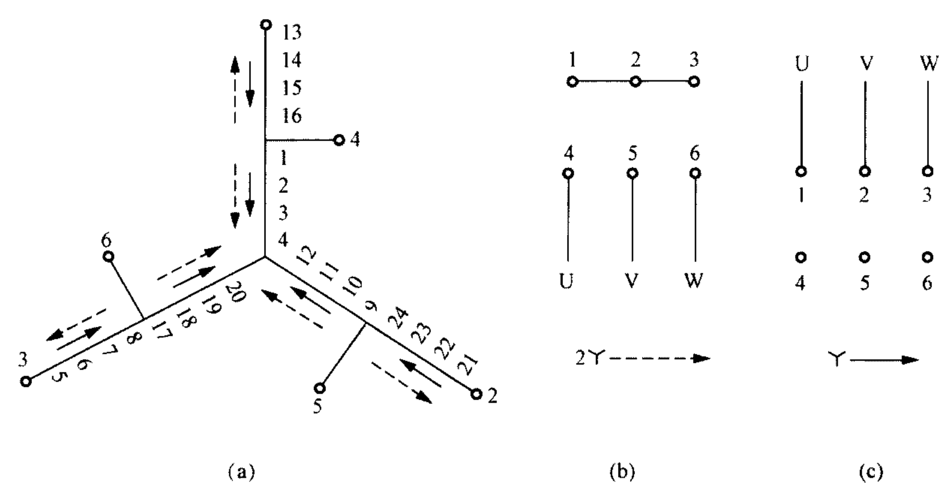


图 3-10　24 槽 2/4 极 2Y/△双速电动机圆形接线图

图 3-11　24 槽 2/4 双速电动机 2Y/2Y 接法



(a)　(b)　(c)

图 3-12　24 槽 2/4 双速电动机 2Y/Y 接法

（a）接线图；（b）接线盒 2Y 形接法；（c）接线盒 Y 形接法

在 2Y/△接法时，通过计算，电动机的输出功率只变化了约 15%，低速时的转矩比高速时大，所以它属于恒功率调速。

而 2Y/2Y 和 2Y/Y 接法低速时的转矩和高速时的转矩基本相等，属于恒转矩调速。

3. 非倍极比双速电动机的绕组排列

排列非倍极比双速绕组与排列倍极比绕组一样，可以选少数极作基准极，也可以选多数极作基准极，只要两种极数都能排出对称三相绕组就行。

如果两种情况都能排出对称绕组，用哪种方案要根据使用场合（需要恒功率调速还是需要恒转矩调速）来选择，另外还要考虑磁通势波形和分布系数。

（1）正规分布绕组。正规分布绕组是指每相矢量中每个方向上矢量的槽数相等，各矢量之间夹角相等，其方法如下。

将这个 36 槽电机先排出 4 极绕组，后排出 6 极绕组，其矢量图如图 3-13 和图 3-14 所示。根据矢量图列出 36 槽 4/6 极电动机绕组排列见表 3-2。

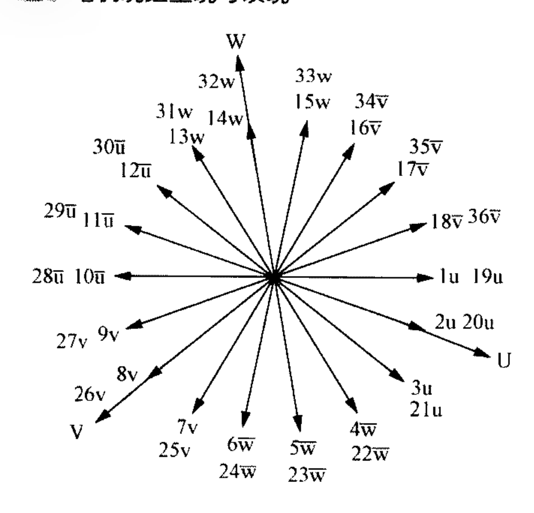


图 3-13　36 槽 4 极电动机绕组槽矢量图

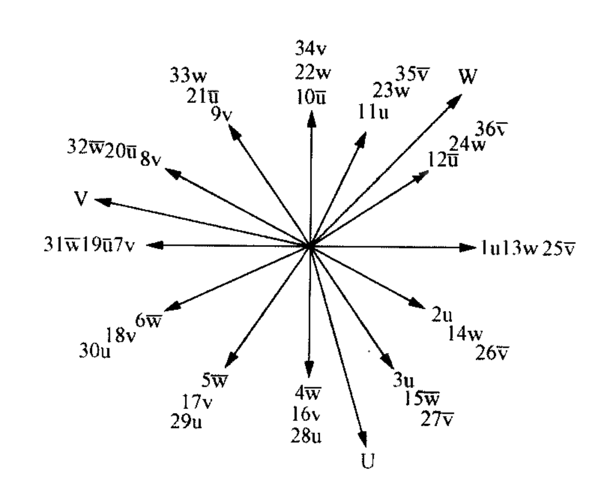


图 3-14　36 槽 6 极电动机绕组槽矢量图

表 3-2　　**36 槽 4/6 极电动机绕组排列表**

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4　极	u	u	u	－w	－w	－w	v	v	v	－u	－u	－u
6　极	u	u	u	－w	－w	－w	v	v	v	－u	－u	－u
反向指示												
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4　极	w	w	w	－v	－v	－v	u	u	u	－w	－w	－w
6　极	w	w	－w	－v	v	v	u	－u	－u	w	w	w
反向指示			*		*	*	*	*	*	*	*	*
槽　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4　极	v	v	v	－u	－u	－u	w	w	w	－v	－v	v
6　极	－v	v	－v	u	u	u	w	－w	w	v	－v	－v
反向指示	*	*	*	*	*	*	*	*		*		

注　表中 * 表示该相在变极时反向。

绕组系数：4 极时 $k_{d4}=0.96$，6 极时 $k_{d6}=0.644$。

取节距 $y=6$，4 极时为满距的 2/3，6 极时为 1，所以 $k_{p4}=0.866$，$k_{p6}=1$，其绕组系数为 $k_{dp4}=0.96\times0.866=0.831$，$k_{dp6}=0.644\times1=0.644$。

该方案为同转向方案，常用的接线方法有 2Y/△和 2Y/Y。2Y/△的接线方法，如图 3-15 所示，绕组圆形接线图如图 3-16 所示，它适用于恒功率调速的场合。

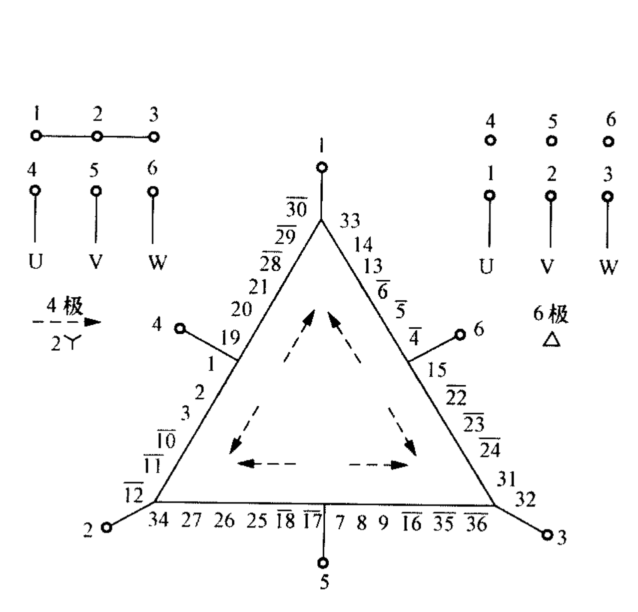


图 3-15　4/6 极双速电动机 2Y/△接法

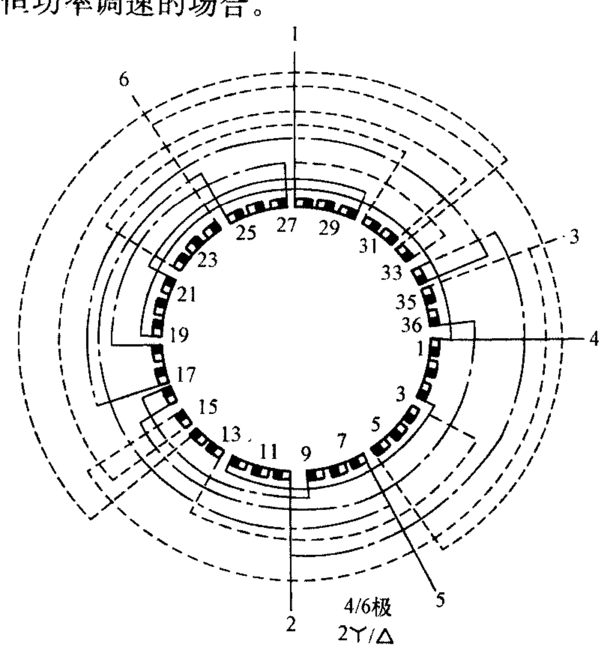


图 3-16　4/6 极双速电动机 2Y/△圆形接线图

2Y/Y 的接线方法如图 3-17 所示，其绕组圆形接线图如图 3-18 所示，它适于要求 4 极出力较高的场合，引出线 6 根。

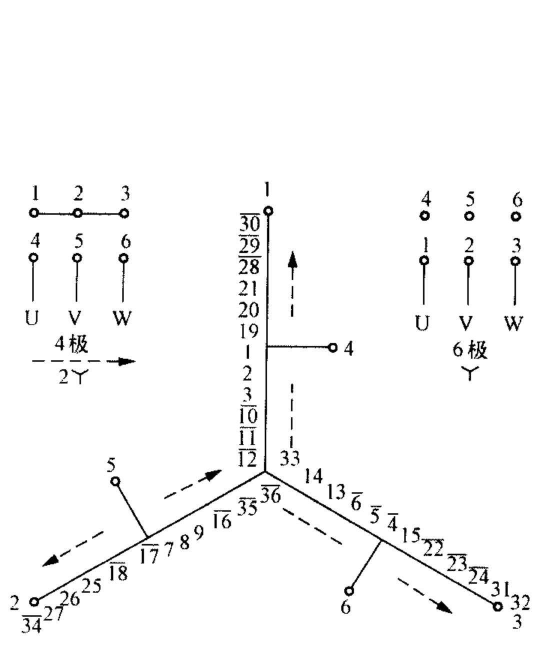
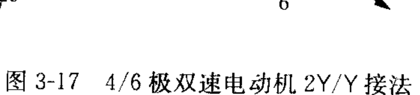



图 3-17　4/6 极双速电动机 2Y/Y 接法

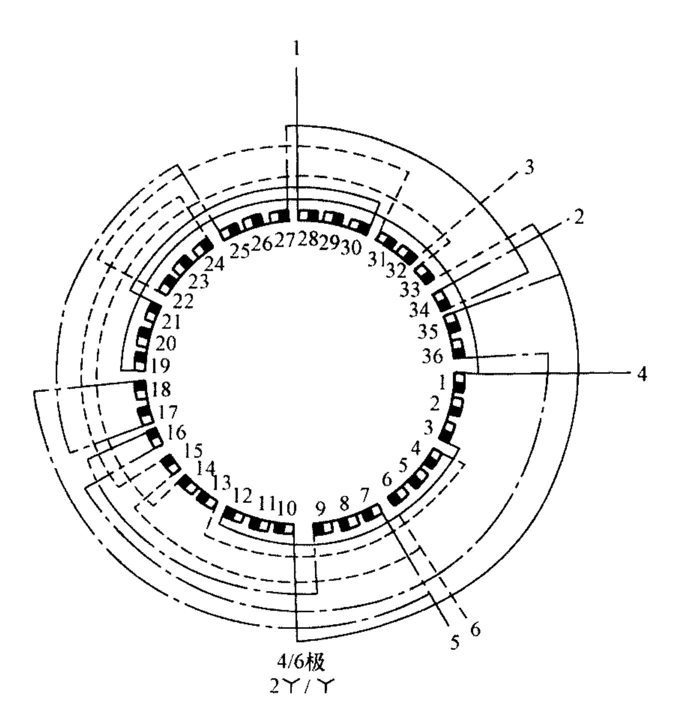


图 3-18　4 6 极双速电动机 2Y/Y 圆形接线图

其节矩取 $y=7$，绕组系数分别为：$k_{d4}=0.96$，$k_{p4}=0.94$，$k_{dp4}=0.90$；$k_{d6}=0.644$，$k_{p6}=0.966$，$k_{dp6}=0.622$。

（2）非正规分布绕组。在倍极比正规分布的双速电动机绕组中（如 36 槽 4/6 极电动机），虽然有一定的优点，但也存在缺点，主要是 6 极时分布系数低，绕组系数低。这样会使电动机空载电流过大。如果减小空载电流，就要增加绕组匝数，减小线径，其结果是使两种转速的出力都相应的减小，因而是不可取的。在这种情况下，可以采用非正规分布绕组来实现两种极数出力比较接近的要求。

这种非正规分布绕组虽然能使出力比较接近，但也存在着磁通势波形差，起动性不佳的缺点。对于某种需要在两种转速时其输出功率比较接近的场合，可选用这种方案。

非正规绕组就是每相矢量分布不正规的绕组（各矢量方向所含槽数不等或夹角不等）。现仍以 36 槽 4/6 极电动机为例，谈谈非正规分布绕组的排列方法，其分布绕组的排列见表 3-3。

表 3-3　36 槽 4/6 极电动机非正规分布绕组的排列

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4　极	v	u	u	u	u	−v	−v	v	−v	w	w	w
6　极	−v	u	u	u	u	v	v	v	v	w	w	w
反向指示	*					*	*	*	*			
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4　极	w	v	−u	−u	−w	−w	v	u	u	u	u	−v
6　极	w	−v	u	u	−w	w	v	−u	−u	−u	−u	−v
反向指示		*	*	*				*	*	*	*	
槽　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4　极	−v	−v	−v	w	w	w	w	v	−u	−u	−w	−w
6　极	v	−v	−v	−w	−w	−w	−w	v	−u	−u	w	w
反向指示				*	*	*	*				*	*

注　表中 * 表示该相在变极时反向。

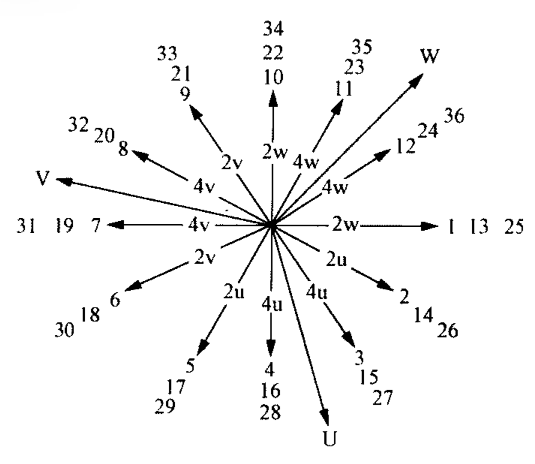


图 3-19　矢量分布为 2、4、4、2 的 36 槽矢量图

在 36 槽 4/6 极电动机中，由于 6 极时每相绕组分布较散，分布系数较低。如果把每个矢量平均两槽改为 2、4、4、2 的不正规分布（即其中有 2 个绕组由 4 个线圈组合一极相组，其他是 2 个线圈组成一极相组），如图 3-19 所示，就可以提高分布系数，并保持两种极数都能得到对称绕组。

这种非正规分布绕组与正规分布绕组相比较，6 极时绕组系数有较大的提高，4 极时的绕组系数有些降低，但是两种极数的绕组系数却比较接近了。

绕组的接线方法为 2Y/△，如图 3-20 所示。

绕组圆形接线图如图 3-21 所示。

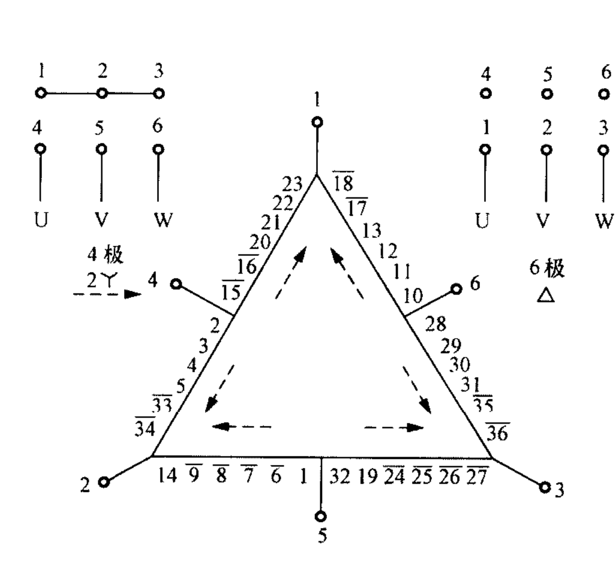


图 3-20　4/6 极双速电动机 2Y/△接法

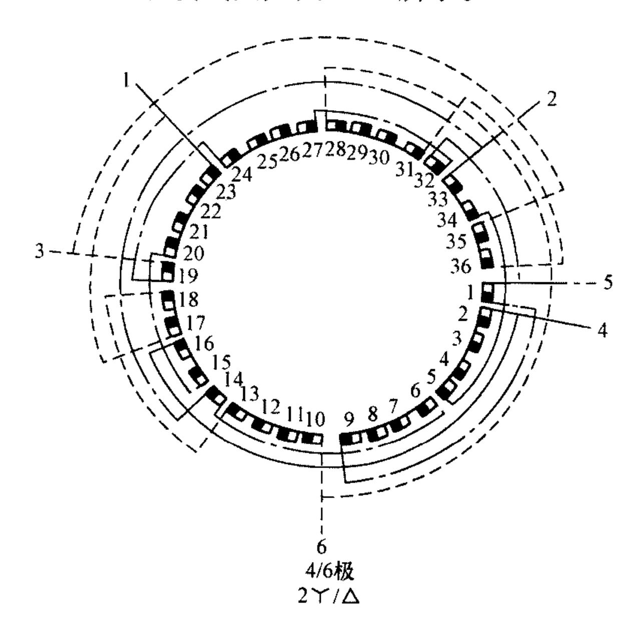


图 3-21　4/6 极 2Y/△双速电动机圆形接线图

二、换相变极的接线方法

反向法是在各槽相号不变的情况下，通过接法的变化改变部分线圈电流方向达到变极的目的。换相法是在部分线圈反接的同时，适当改变某些线圈的相号，使各种极数都具有较高的绕组分布系数，从而弥补了反向法的不足，它的缺点是绕组出线端较多。

（一）一般接法的换相法

1. 换相变极法的绕组排列

一般接法是指普通的△和 Y 接法，36 槽 2/4 极双速电动机的绕组排列见表 3-4。

表 3-4　　36 槽 2/4 极双速电动机的绕组排列表

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2　极	u	u	u	u	u	u	—w	—w	—w	—w	—w	—w
4　极	u	u	u	—w	—w	—w	v	v	v	—u	—u	—u
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2　极	v	v	v	v	v	v	—u	—u	—u	—u	—u	—u
4　极	w	w	w	—v	—v	—v	u	u	u	—w	—w	—w
槽　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2　极	w	w	w	w	w	w	v	v	—v	—v	—v	—v
4　极	v	v	v	—u	—u	—u	w	w	w	—v	—v	v

由表 3-4 可以看出，在 2 极时共 6 个极相组，而且是正规的 60°相带绕组；4 极时共 12 个极相组，同样保持正规的 60°相带绕组，但是在 4 极时（以 U 相为例）只有三个槽 1、2、3 线圈和电流方向没有改变，三个槽 19、20、21 线圈反向。另外有 6 个槽 4、5、6、22、23、24 相号变了，而且 4、5、6 槽线圈电流方向也改变了。这种既换相又反向的变极方法是通过变化接线方法而得到的。

2. 接线方法

（1）线圈的连接。在 2 极时应有 6 个极相组，每个极相组有 6 只线圈；4 极时有 12 个极相组，每个极相组有 3 只线圈。这样先按每 3 只线圈连起来，分为 12 个组：I_1—1、2、3，I_2—19、20、21，II_1—22、23、24，II_2—4、5、6，III_1—13、14、15，III_2—31、32、33，IV_1—34、35、36，IV_2—16、17、18，V_1—25、26、27，V_2—7、8、9，VI_1—10、11、12，VI_2—28、29、30。

（2）以 2 极为准画出接线图，如图 3-22 所示。这样，从线圈中的电流方向看（如图 3-24 所示），第一组 I_1（1、2、3）和第四组 II_2（4、5、6）电流方向相同，可视为一极相组，第二组 I_2 和第三组 II_1 电流方向相同为一极相组。其他 III_1、IV_2、III_2、IV_1、V_1、IV_2、V_2、IV_1 各组线圈电流方向相同，都可视为一极相组，这样共 6 个极相组，为 2 极电动机。

（3）以 4 极为准画出接线图，如图 3-23 所示。把出线头④、⑧、②接在一起接电源 W 相，把引线头③、⑩、⑥接在一起，接电源 V 相，把引线头①、⑤、⑫接在一起，接电源 U 相。这样 II_1、II_2、III_1、III_2、IV_1、IV_2、V_1、V_2、都变了相号，并有 6 组线圈反向，形成了 12 个极相组，成为 4 极电动机。

36 槽 2/4 极电动机圆形接线如图 3-24 所示。

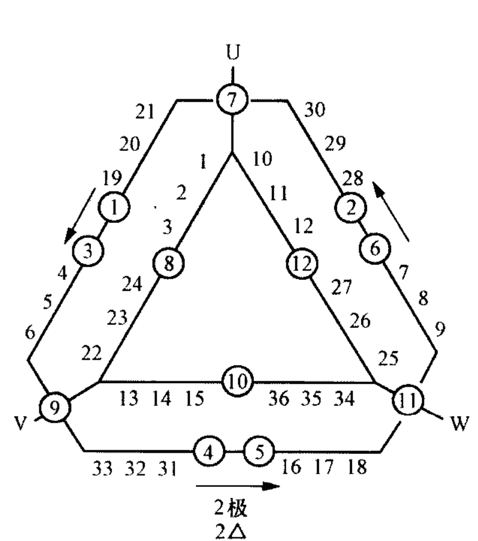


图 3-22　36 槽 2/4 极换相变级法 2 极 2△绕组接法

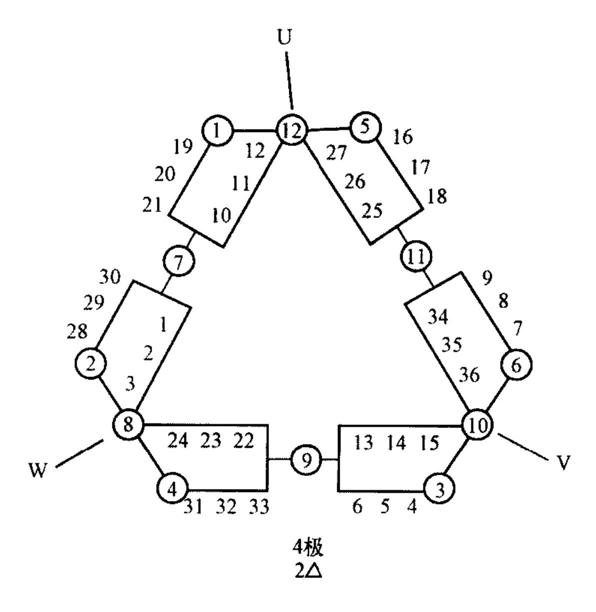


图 3-23　36 槽 2/4 极换相变级法 4 极 2△绕组接法

（二）具有$\triangle\!\!\!\triangle$接法的换相法

如果把△形和 Y 形结合起来就形成了一种新的接法，即$\triangle\!\!\!\triangle$形接法的换相变极法。用这种方法也可以获得较高的分布系数，并且出线头较少。

$\triangle\!\!\!\triangle$形接法的特点是一相所含的全部线圈中部分作△连接，另一部分作 Y 连接。这样的接法一相线圈中电流在同一时间上相位不一致，Y 接部分线圈电流在同一时间内比△接部分线圈电流滞后 30°相位角。因此，合成电动势 Y 接部分也滞后△接部分 30°相位角。

以 36 槽 2/4/6 极电动机为例，画出槽矢量图，如图 3-25～图 3-27 所示，接线图如图 3-28～图 3-30 所示，圆形接线如图 3-31 所示。

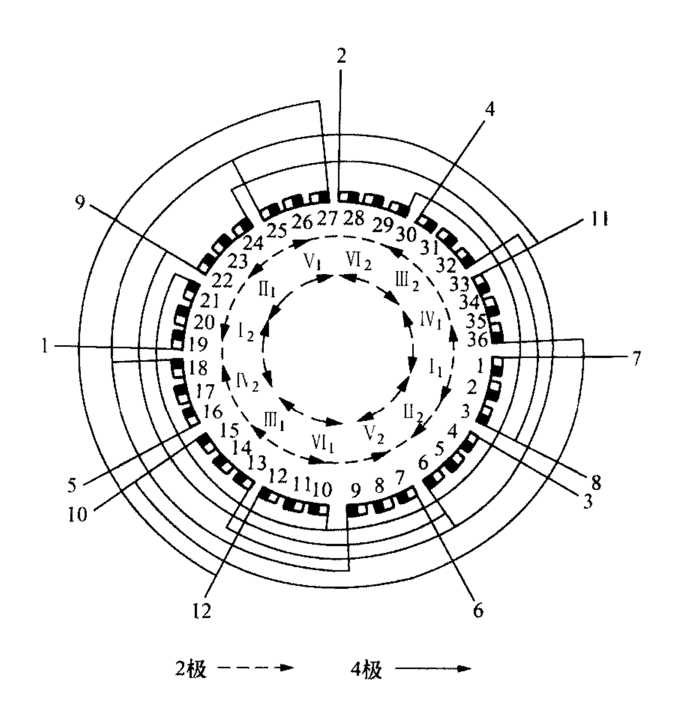


图 3-24　36 槽 2/4 极换相变极法圆形接线图

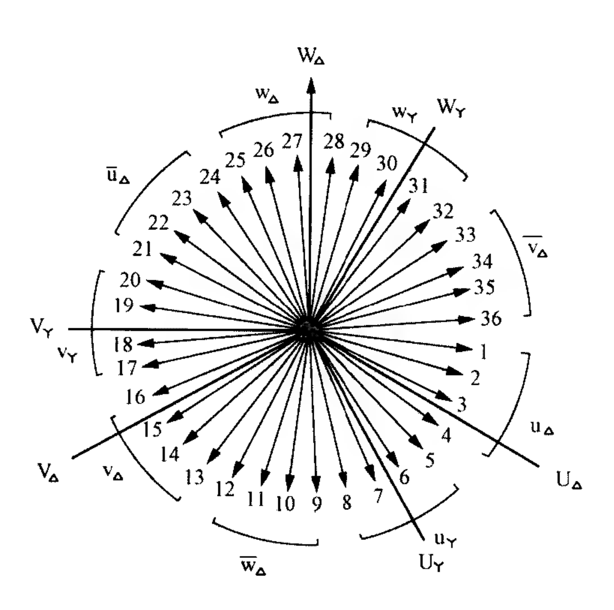


图 3-25　36 槽 2/4/6 极电动机 2 极槽矢量图

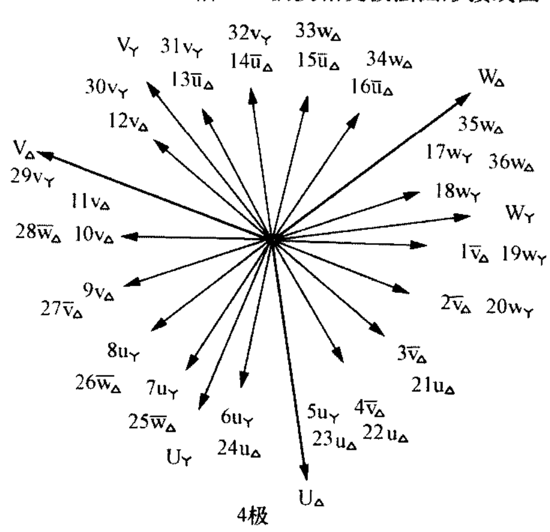


图 3-26　36 槽 2/4/6 极电动机 4 极槽矢量图

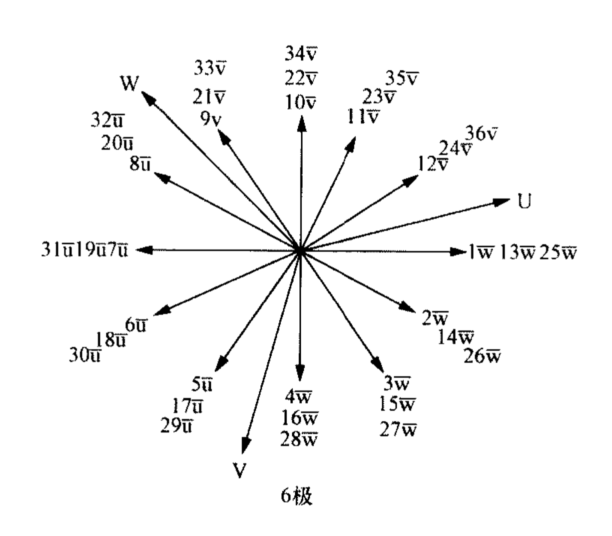


图 3-27　36 槽 2/4/6 极电动机 6 极槽矢量图

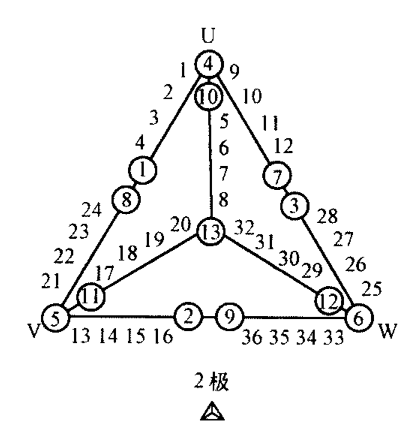


图 3-28　36 槽 2/4/6 极三速电动机 2 极接法

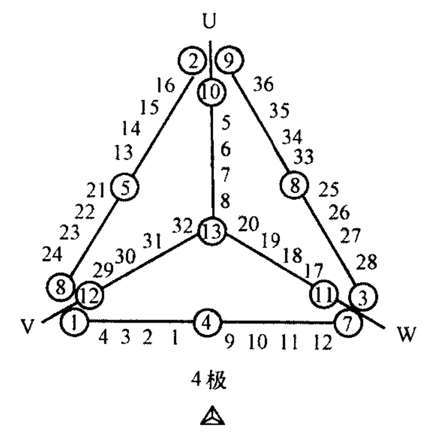


图 3-29　36 槽 2/4/6 极三速电动机 4 极接法

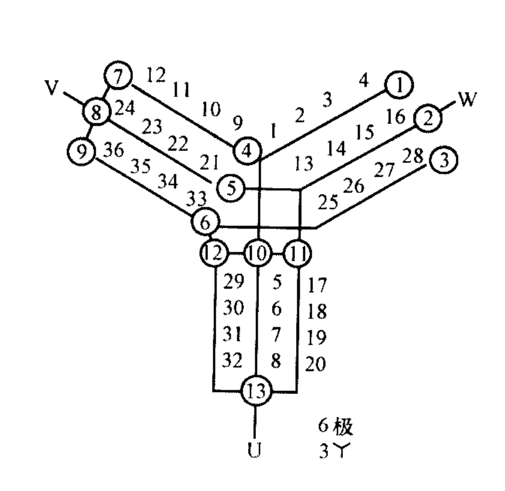


图 3-30　36 槽 2/4/6 极三速电动机 6 极接法

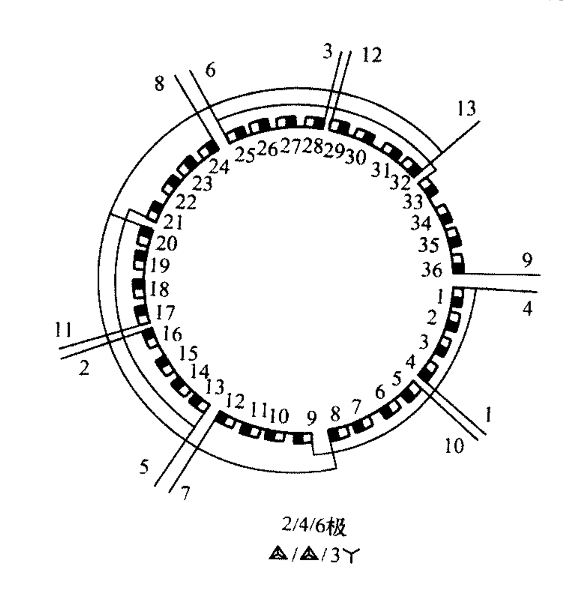


图3-31　2/4/6 极△/△/3Y 三速电动机圆形接线图

该电动机 2、4 极采用△接法，6 极为三路并联 Y 接法，变极均采用换向法，三种极数时的转向相同。

绕组系数（节距 1～7）：

2 极时　$k_{dY}=0.981$

$k_p=0.5$

$k_{dpY}=0.49$

$k_{d\triangle}=0.966$

$k_p=0.5$

$k_{dp\triangle}=0.483$

4 极时　$k_{dY}=0.925$

$k_p=0.866$

$k_{dpY}=0.80$

$k_{d\triangle}=0.911$

$k_p=0.866$

$k_{dp\triangle}=0.79$

6 极时　$k_d=0.836$

$k_p=1$

$k_{dp}=0.836$

引出线 13 根，按△/△/3Y 连接。

三、变节距变极法

利用反向变极的方法可以得到两速电动机绕组，利用换相加反向的方法可得两种、三种或四种转速的电动机。如果利用反向加变节距的方法，同样可以得到三速以上的电动机，其方法是在单绕组中用两种不同节距的绕组，即一半绕组为短距绕组，另一半绕组为整距绕组，从而达到变极的目的，这种方法叫做变节距变极法。用这种方法获得的单绕组三速电动机出线头少，绕组分布系数也比较高。

1. 基本原理

仍以 36 槽电动机为例，该电机为双层绕组，其节距（如按 2 极正规 60°相带绕）应该是

$y=13$，每 6 个线圈接成一个极相组，共 6 个极相组，形成三相 2 极电动机。

如需 4 极时，改变极相组之间的接线，进行隐极（正串）接法，便获得 4 极电动机，但是想要获得第三种极数就不可能了。要想从隐极接法的 4 极的基础上获得 8 极，必须使 4 极的一半绕组反向，而形成 8 极。不过原来的绕组是不能胜任的，因此，必须使一半的线圈节距为整距，另一半线圈为短距 $y=6$，而且把线圈组从 6 个一连改成 3 个一连，以适应 8 极时变向的需要。36 槽 2/4/8 极变节距法绕组排列见表 3-5。

表 3-5　　36 槽 2/4/8 极变节距法绕组排列表

槽　号	①	②	③	4	5	6	⑦	⑧	⑨	10	11	12
2　极	u	u	u	u	u	u	－w	－w	－w	－w	－w	－w
4　极	u	u	u	u	u	u	w	w	w	w	w	w
8　极	u	u	u	－u	－u	－u	w	w	w	－w	－w	－w
槽　号	⑬	⑭	⑮	16	17	18	⑲	⑳	㉑	22	23	24
2　极	v	v	v	v	v	v	－u	－u	－u	－u	－u	－u
4　极	v	v	v	v	v	v	u	u	u	u	u	u
8　极	v	v	v	－v	－v	－v	u	u	u	－u	－u	－u
槽　号	㉕	㉖	㉗	28	29	30	㉛	㉜	㉝	34	35	36
2　极	w	w	w	w	w	w	－v	－v	－v	－v	－v	－v
4　极	w	w	w	w	w	w	v	v	v	v	v	v
8　极	w	w	w	－w	－w	－w	v	v	v	－v	－v	－v

注　表中槽号带圈的 $y=12$，不带圈的 $y=6$。

36 槽 2/4/8 极电动机圆形接线图如图 3-32 所示。以 U 相为例，分析以下三种极数是怎样实现的。

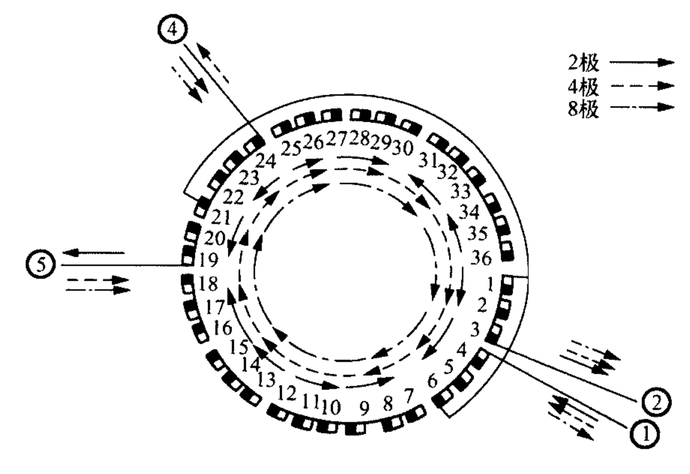


图 3-32　2/4/8 极变节距法绕组 U 相圆形接线图

（1）2 极接法时，引线头①、④连接作为 U 相的头，引线头②、⑤连接作为 U 相的尾。线圈 4、5、6 和 1、2、3 以正串连接到引线②，电流方向相同，形成一个极相组。线圈 24、23、22 和 21、20、19 以正串连接到引线⑤，电流方向相同，形成另一个极相组。其他 V 相、W 相也同样各形成两个极相组（如图 3-32 中实线箭头所示）。

（2）4 极接法时，引线头①和⑤连接作 U 相的头，引线头②和④连接作为 U 相的尾，线圈 4、5、6 和 1、2、3 电流方向和 2 极时相同。线圈 19、20、21 和 22、23、24，电流方向相反。其他 V 相、W 相也各有一组电流方向反向（如图 3-32 中的虚线箭头所示）。从各箭头的方向来看，各线圈的电流都为正向，形成了隐极接法。

（3）8 极接法时，引线头④、⑤连接作为 U 相的头，引线头①、②作为 U 相的尾。线圈

24、23、22 和 6、5、4 电流方向反向，而线圈 1、2、3 和 19、20、21 电流方向和 4 极时一样（如图 4-32 中点划线箭头所示）。这样把 4 极的极数增加了一倍，形成了 8 个极。但是从点划线箭头来看，给人一种错觉，好像和 4 极的显极接法一样，不过 1、2、3、19、20、21（U 相）6 个线圈是整距绕组，$y=12$，而其他 6 个绕组为短距绕组，$y=6$。把 4、5、6 的上层边和 10、11、12 的下层边，22、23、24 的上层边和 28、29、30 的下层边分别单独作为线圈组；剩下的 1、2、3（上层边）和 13、14、15（下层边），19、20、21（上层边）和 31、32、33（下层边）也分别作为线圈组；这就保证了在隐极接法 4 极的基础上，能够再通过反向获得 8 极。

2. 接线方法和绕组系数

对于三速电动机，如采用 2Y/2Y/2Y 或 2△/2△/2Y 的接法，其出线头为 9 根。

2 极时的接线 2△形，如图 3-33 所示。

4 极时的接线 2△形，如图 3-34 所示。

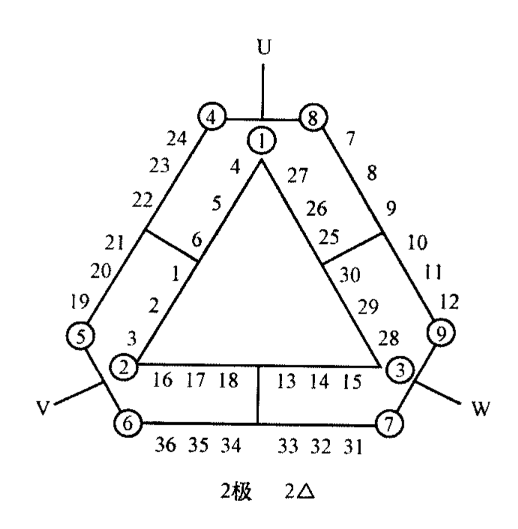


图 3-33　36 槽三速电动机 2 极时 2△接法

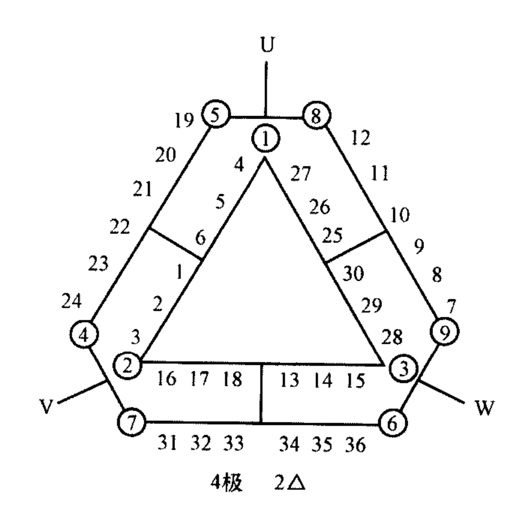


图 3-34　36 槽三速电动机 4 极时 2△接法

8 极时的接线为 2Y 形，如图 3-35 所示。

绕组系数（节距 1～7、1～13）：

2 极时　$k_d=0.956$

$k_p=0.707$

$k_{dp}=0.676$

4 极时　$k_d=0.83$

$k_p=1$

$k_{dp}=0.83$

8 极时　$k_d=0.731$

$k_p=0.866$

$k_{dp}=0.633$

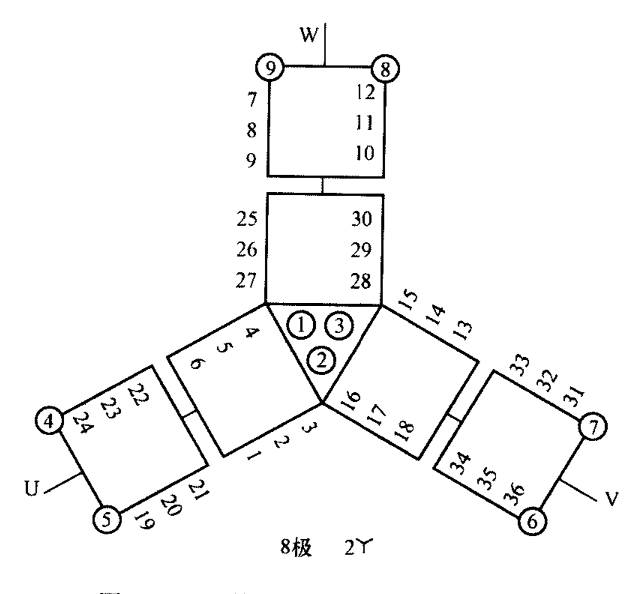


图 3-35　36 槽三速电动机 8 极时 2Y 接法

该电动机 2 极时的槽矢量图如图 3-36 所示；4 极时的槽矢量图如图 3-37 所示；8 极时的槽矢量图如图 3-38 所示。

电动机的绕组圆形接线图，如图 3-39 所示。

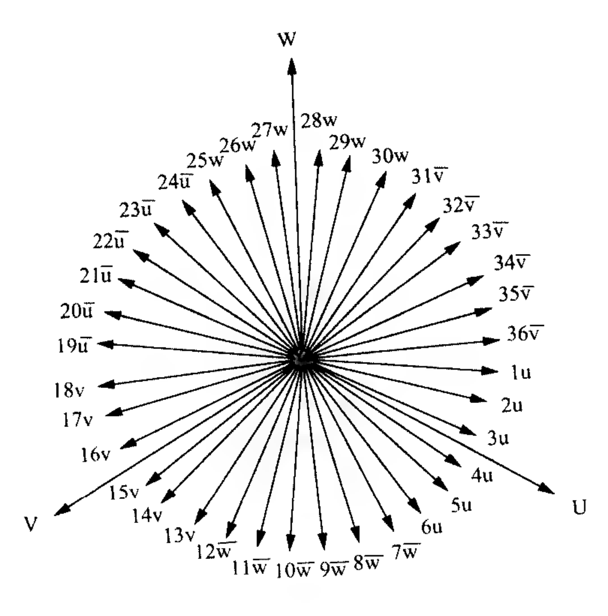


图 3-36　2 极时槽矢量图

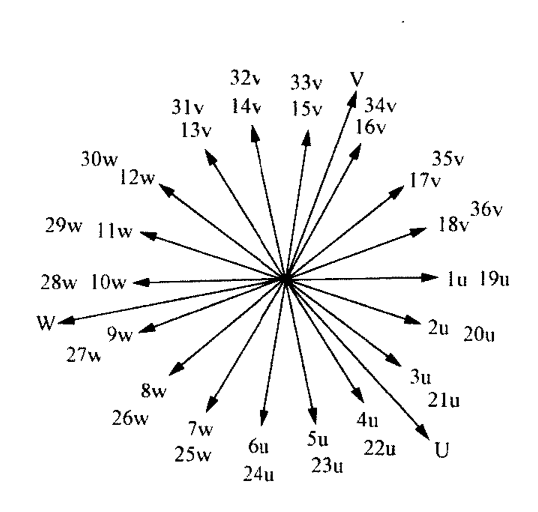


图 3-37　4 极时槽矢量图

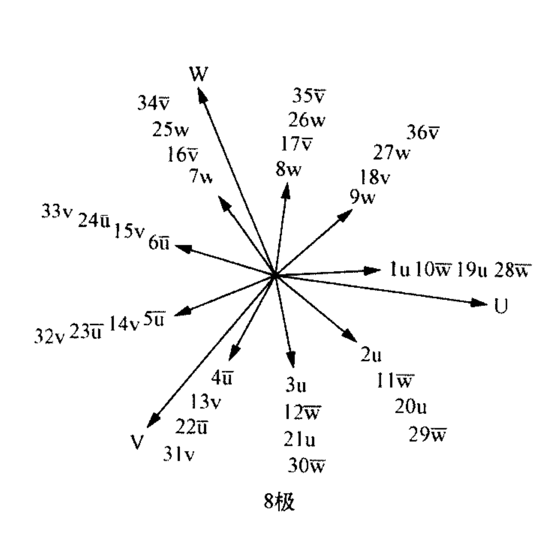


图 3-38　8 极时槽矢量图

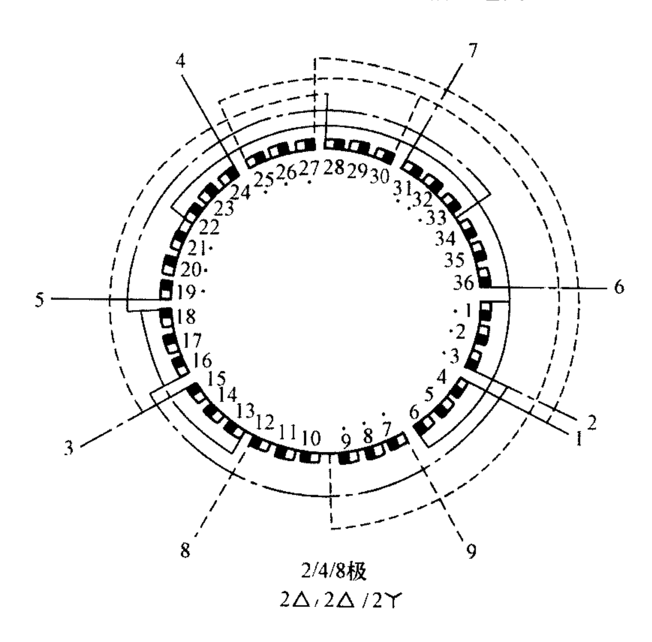


图 3-39　2/4/8 极 2△/2△/2Y 变节距法绕组圆形接线图

第三节　单速电动机改变成多速电动机的方法

在修理过程中，有时需要把单速电动机改成多速电动机。

鼠笼式单速电动机改成多速电动机的方法很多，有变极调速、变频调速、改变转差率调速等。变极调速是诸方法中最经济、最方便的一种方法。

一、电动机的选择

变极调速一般要把原电动机的绕组从新绕制，并对电动机有一定的要求，如极数、容量、定子和转子槽数的配合等。

1. 被改电动机的选择

在选择电动机时，要选择鼠笼型异步电动机，因这种电动机的极数是随定子绕组极数的改变而相应改变的。最好寻找一台绕组已经损坏的旧电动机，或者工厂中长期闲置不用的电动机

作为改绕电动机。

2. 极数的选择

选择好电动机以后，必须看其极数能否符合改绕后的要求。电动机的极数应尽量接近改绕后所需极数，因为远极比的多速电动机的性能较近极比的多速电动机的性能要差些。对于双速电动机，改绕以提高转速为好，这样功率可以提高，要注意改绕后电动机功率是否适合所配套的设备。

对于空壳无铭牌的电动机，可以用定子铁心内径 D_{i1} 和定子外径 D_1 之比大致判断其极数。

除以上数据外还可以按下式估算极数

$$2p=(0.34\sim0.40)\frac{b_t\times Z_1}{h_c} \tag{3-10}$$

式中　b_t——定子槽齿宽；

h_c——定子铁心轭高；

Z_1——定子槽数。

定子、转子槽数与极数之间有一定的配合关系。配合不当会出现由谐波造成的振动、噪声及起动性能不良等现象，严重时电动机甚至不能起动。

选择槽数时还应注意，改极后定子槽能否得出一个对称的三相绕组，对于整数槽绕组不会存在这个问题，但对分数槽绕组能否达到目的，可用下式判断

$$\frac{Z_1}{tm}=\text{整数（或分数）} \tag{3-11}$$

式中　t——定子相数和极数的最大公约数。

式（3-11）的商是整数，可得出对称绕组，否则不能得出对称绕组。定子、转子的槽数配合见表 3-6。

表 3-6　　鼠笼式电动机定子、转子槽数的推荐表

极数（2p）	定子槽数	直槽转子槽数	斜槽转子槽数
2	18	—	16，26
	24	[16]，32	(18)，20，(30)，(31)，33，34，35
	30	22，38	(18)，20，21，23，(24)，37，39，40
	36	26，28，44，46	25，27，29，43，45，47
	42	32，34，50，52	—
	48	38，40，56，58	37，39，41，55，57，59
4	24	[32]	16，[20]，22，30，33，34，35，36
	36	26，(44)，46	(24)，27，(28)，(30) [32]，45，48
	42	(34)，(50)，52，54	(33)，34，[38]，(51)，53
	48	34，38，56，58，62，64	(36)，(39)，40，[44]，57，59
	60	50，52，68，70，74	48，49，51，56，64，69，71
	72	62，64，80，82，86	61，63，68，76，81，83
6	36	26，42，[48]	33，47，49，50
	54	44，64，66，68	42，43，65，67，57，59，60，61，83，85，87
	72	56，58，62，82，84，86，88	75，77，79，101，103，105
	90	74，76，78，80，100，102，104	
8	48	34，62，[64]	35，44，46，61，63，65
	54	—	58，62
	72	58，86，88，90	56，57，59，85，87，89
	84	66，(68)，70，98，100，102，104	(68)，(69)，(71)，(97)，(99)，101
	96	78，82，110，112，114	79，80，81，83，109，111，113

注　带小括号者为非优配合，带中括号者为慎用。

3. 容量的选择

改后电动机的功率，在相同极数下往往比原电动机的功率小，所以在选择容量时，应选择功率稍大些的原电动机。

二、改绕步骤

1. 选择单绕组变极方案

若改绕成两个极下转矩接近的电动机（低速时出力不高），应选用极数少时绕组系数高，级数多时绕组系数低的方案。

若改绕成两个极下功率接近的电动机，应选用两个极下绕组系数相差不多，且均较高的方案。

2. 记录测量数据

拆除旧绕组时，测量记录的项目包括以下内容：

（1）额定电压 U_N，绕组接法（Y或△）。

（2）额定容量 P_N，额定电流 I_N，额定功率。

（3）额定转速 n_1、接法、定子槽数、转子槽数。

（4）测量定子铁心外径 D_1、定子铁心内径 D_{i1}。

（5）定子铁心长度 L、轭高 h_c 和定子槽齿宽 b_i。

（6）每槽导线数 N_1、线径（裸线）及节距 y。

（7）绕组型式（双层绕组或单层绕组），并联支路数。

（8）导线的并绕根数。

（9）定、转子槽数 Z_1、Z_2。

3. 进行改绕计算

进行改绕计算要力求准确，否则可能导致改绕失败；按计算出的绕组数据绕好电动机。

4. 对改绕后的电动机进行试验

试验项目有空载电流、转速、三相电流是否平衡等。然后进行负载试验，观察改绕后的电动机起动情况，转速是否正常，振动、噪声是否严重，各部温升是否正常。

三、改绕的简单计算

1. 确定绕组每槽导线数

（1）根据原单速电动机绕组数据初步确定多速电动机每槽线数。改绕后的多速电动机，其中有一种速度所对应的极数与原单速电动机极数相同，先从保证多速电动机在原电动机同极下各部磁通基本相同这一原则出发，初步确定多速电动机每槽导线数

$$N_1' = \frac{E_1 k_{dp} a_1}{E_1' k_{dp} a_1'} \tag{3-12}$$

式中 E_1——相电势，取相电压（根据Y接或△接法决定）；

k_{dp}——绕组系数（由绕组方案决定）；

a_1——并联支路数（由绕组连接方式决定）；字母带“$'$”者为原单速电动机绕组数据。

（2）根据多速电动机两个极下气隙磁密比，确定每槽导线数是否符合要求。

$$\frac{B_\delta}{B_\delta'} = \frac{E_1 P W' k_{dp}}{E_1' P' W k_{dp}} \tag{3-13}$$

式中 P——改绕后电动机功率；

P'——原电动机功率；

W ——每相串联匝数。

如果 $P=P'$，$\frac{B_\delta}{B'_\delta}=1$，则把 N_1 作为多速电动机每槽导线数；当$\frac{B_\delta}{B'_\delta}<1$，说明极数少时磁通密度高，$N_1$ 应适当增加；当$\frac{B_\delta}{B'_\delta}>1$，则说明极数少时磁通密度低，$N_1$ 应适当减少（字母上带“$'$”号的为原电动机）。

所以，改绕后的多速电动机每槽导线数可近似的由式（3-13）确定

$$N_1=\frac{1+\frac{B'_\delta}{B_\delta}}{2}\cdot N''_1 \qquad (3\text{-}14)$$

式中　N''_1——开始初步确定的每槽导线数。

2. 线径计算

$$d_1=\sqrt{\frac{N'_1}{N_1}}\cdot d'_1 \qquad (3\text{-}15)$$

式中　d'_1 ——原电机线径。

3. 功率估算

$$p=\frac{E_1 a_1 d_1^2}{E'_1 a'_1 d'_1} \qquad (3\text{-}16)$$

两种极数下的功率比

$$\frac{P_2}{P_1}\approx k\frac{E_2 a_2}{E_1 a_1} \qquad (3\text{-}17)$$

式中　k——功率降低系数，可以近似的取 0.7～0.9，近极比取较大值，远极比取较小值。

4. 确定绕组连接方式

根据使用要求，两个极下转矩比较接近的应采用 2Y/Y 接法，要求两种极下输出功率比较接近的用 2Y/△或 2Y/2Y。

5. 确定绕组节距

改绕后的双速电动机应采用双层绕组，由于绕组在多极数时的出力和磁通密度不致过高，绕组节距一般用多数极数时的全距或接近全距。

四、单速电动机改多速电动机的经验方法

利用计算的方法固然可以较准确地计算出单速改多速电动机的各种数据，但也存在着计算繁琐且容易出现错误的缺点，采用经验数据和方法就比较方便，其经验数据见表 3-7，单速电动机改多速电动机的经验方法见表 3-8 和表 3-9。

表 3-7　改极简单经验数据

极数	每相串联匝数(匝)	导线截面 (mm)	功率 (kW)	节距/极距
2 变 4	$W_4=(1.4\sim1.5)W_2$	$S_4=(0.75\sim0.8)S_2$	$P_4=(0.55\sim0.6)P_2$	0.9
4 变 2	$W_2=(0.7\sim0.75)W_4$	$S_2=(1.2\sim1.27)S_4$	$P_2=(1.3\sim1.4)P_4$	0.8
4 变 6	$W_6=(1.3\sim1.4)W_4$	$S_6=0.8S_4$	$P_6=0.7P_4$	0.85
6 变 4	$W_4=(0.75\sim0.85)W_6$	$S_4=(1.15\sim1.2)S_6$	$P_4=(1.25\sim1.3)P_6$	0.8
6 变 8	$W_8=(1.25\sim1.3)W_6$	$S_8=0.9S_6$	$P_8=0.8P_6$	0.85
8 变 6	$W_6=(0.8\sim0.95)W_8$	$S_6=(1.1\sim1.15)S_8$	$P_6=(1.2\sim1.25)P_8$	0.8

表 3-8　　2 极或 4 极电动机改为 2/4 极双速电动机经验方法

项目＼极数	2 极 Y 改 2 极 YY/4 极 Y	2 极 Y 改 2 极 YY/4 极△	4 极 Y 改 2 极 YY/4 极 Y	4 极 Y 改 2 极 YY/4 极△
节　距	低速全节距	低速全节距	低速全节距或低速全节距×1.1	低速全节距或低速全距×1.1
每槽匝数 N_1	$N_1=N_1\times1.1\times2$	$N_1=N_1'\times1.1\times2\times1.45$	$N_1=N_1'\times1.1\times1.34$	$N_1=N_1'\times1.1\times1.7$
导线直径 d	$d=\sqrt{\frac{N_1'}{N_1}}\times d'$			
功　率 P_{N4}—2 极 P_{N4}　4 极	$P_{N2}=P_{N'}$ $P_{N4}=P_{N2}\times0.45$	$P_{N2}=\frac{1}{2}\times\frac{(d)^2}{(d')^2}\times P_{N'}$ $P_{N4}=P_{N2}\times0.74$	$P_{N4}=\frac{(d)^2}{(d')^2}\times P_N$ $P_{N2}=P_{N4}\times2.35$	$P_{N4}=1.73\times\frac{(d)^2}{(d')^2}\times P_{N'}$ $P_{N2}=P_{N4}\times1.35$

表 3-9　　4 极电动机改为 4/8 极双速电动机经验方法

项目＼极数	4 极 Y 改 4 极 YY/8 极 Y	4 极 Y 改 4 极 YY/8 极△	4 极 Y 改 4 极△/8 极 YY
节　距	8 极全节距或 4 极全节距×$\frac{2}{3}$	8 极全节距或 4 极全节距×$\frac{2}{3}$	8 极全节距或 4 极全节距×$\frac{2}{3}$
每槽匝数 N_1	$N_1=N_1'\times3$	$N_1=N_1'\times3.8$	$N_1=N_1'\times4.4$
导线直径 d	$d=\sqrt{\frac{N_1'}{N_1}}\times d'$		
功　率 P_{N4}—4 极 P_{N8}—8 极	$P_{N4}=2\times\frac{d^2}{d'^2}\times P_{N'}$ $P_{N8}=\frac{d^2}{d'^2}\times P_{N'}$	$P_{N4}=2\times\frac{d^2}{d'^2}\times P_{N'}$ $P_{N8}=1.7\times\frac{d^2}{d'^2}\times P_{N'}$	$P_{N4}=2\times\frac{d^2}{d'^2}\times P_{N'}$ $P_{N8}=2\times\frac{d^2}{d'^2}\times P_{N'}$

第四节　单绕组多速电动机绕组方案

因单绕组多速三相异步电动机的绕组变化特别多，为了使读者对多速电动机有更深的理解，本节列出了 10 个具有代表性的双速、三速和四速电动机的绕组方案，供读者在平时维修工作、电动机组重绕与改绕中参考。这些方法所用或改装用的电动机均为双层绕组。

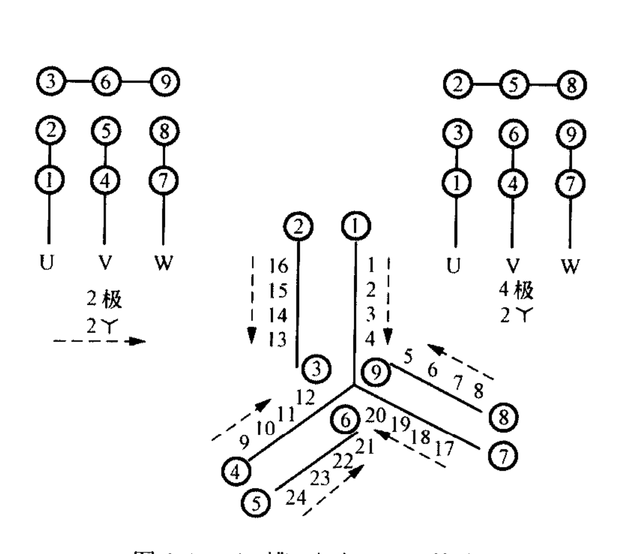
一、方案 1

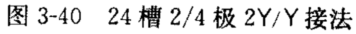
方案 1 绕组安排见表 3-10，其接线方法和圆接线图如图 3-40 和图 3-41 所示。

表 3-10　　2/4 极（定子 24 槽）

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2 极	u	u	u	u	−w	−w	−w	−w	v	v	v	v
4 极	u	u	u	u	w	w	w	w	v	v	v	v
反向指示					*	*	*	*				
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2 极	−u	−u	−u	−u	w	w	w	w	−v	−v	−v	−v
4 极	u	u	u	u	w	w	w	w	v	v	v	v
反向指示	*	*	*	*					*	*	*	*

注　表中 * 表示该相在变极时反向。




图 3-40　24 槽 2/4 极 2Y/Y 接法

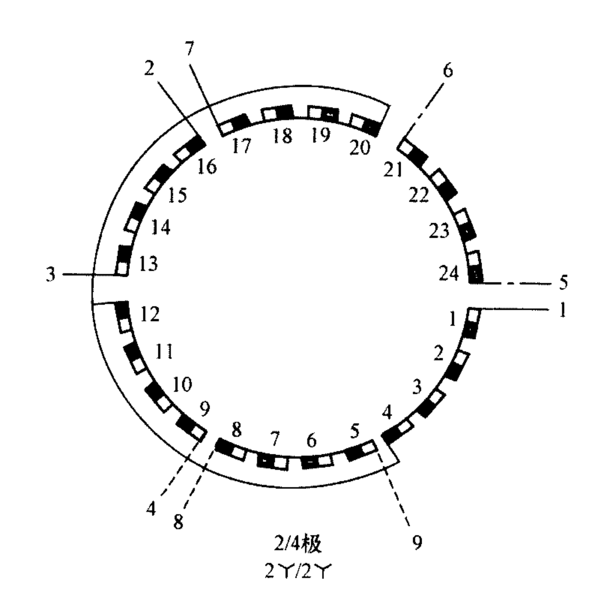


图 3-41　24 槽 2/4 极 2Y/Y 电动机圆形接线图

节　　距：$y=1\sim7$

绕组系数：2 极　$k_d=0.96$，$k_p=0.707$，$k_{dp}=0.68$。

4 极　$k_d=0.83$，$k_p=1$，$k_{dp}=0.83$。

连接方式：2Y/2Y，适于功率接近的场合，引出线 9 根。要求转矩接近的场合如图 3-9 和图 3-10 所示。

二、方案 2

方案 2 绕组安排见表 4-11，其接线方法和圆形接线图如图 3-42 和图 3-43 所示。

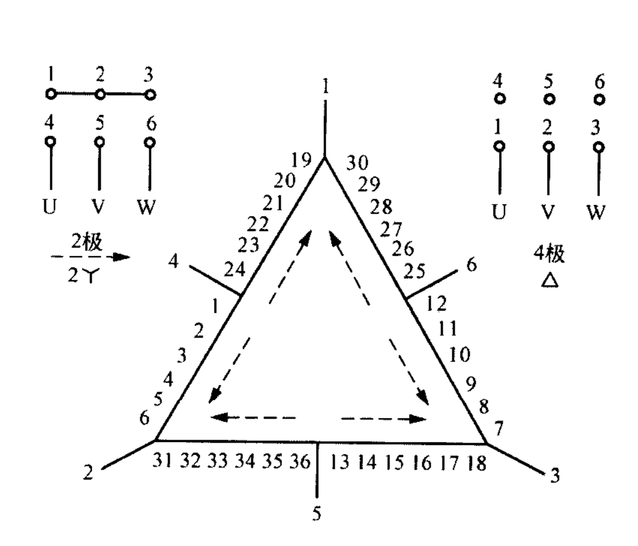


图 3-42　36 槽 2/4 极 2Y/△接法

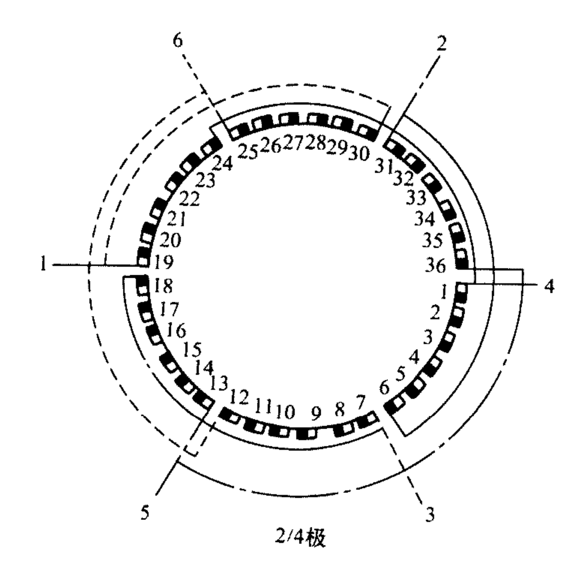


图 3-43　36 槽 2/4 极 2Y/△接法圆形接线图

表 3-11　　**2/4（定子 36 槽）**

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2　极	u	u	u	u	u	u	−w	−w	−w	−w	−w	−w
4　极	u	u	u	u	u	u	w	w	w	w	w	w
反向指示							*	*	*	*	*	*

续表

槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2　极	v	v	v	v	v	v	－u	u	－u	－u	－u	－u
4　极	v	v	v	v	v	v	u	u	u	u	u	u
反向指示							*	*	*	*	*	*
槽　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2　极	w	w	w	w	w	w	－v	－v	v	－v	v	－v
4　极	w	w	w	w	w	w	v	v	v	v	v	v
反向指示							*	*	*	*	*	*

注　表中 * 表示该相在变极时反向。

节距：$y=1\sim10$

绕组系数：2 极　$k_d=0.96$，$k_p=0.707$，$k_{dp}=0.68$。

　　　　　4 极　$k_d=0.83$，$k_p=1$，$k_{dp}=0.83$。

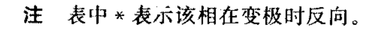
连接方式：较多的采用 2Y/△，引出线 6 根。

三、方案 3

方案 3 绕组安排见表 3-12，绕组接线方法和圆形接线图如图 3-44 和图 3-45 所示。

表 3-12　　**4/8 极（定子 36 槽）**

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4　极	u	u	u	－w	－w	－w	v	v	v	－u	－u	－u
8　极	u	u	u	w	w	w	v	v	v	u	u	u
反向指示				*	*	*				*	*	*
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1　极	w	w	w	v	－v	－v	u	u	u	－w	－w	－w
8　极	w	w	w	v	v	v	u	u	u	w	w	w
反向指示				*	*	*				*	*	*
槽　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4　极	v	v	v	－u	－u	u	w	w	w	－v	－v	－v
8　极	v	v	v	u	u	u	w	w	w	v	v	v
反向指示				*	*	*				*	*	*



注　表中 * 表示该相在变极时反向。

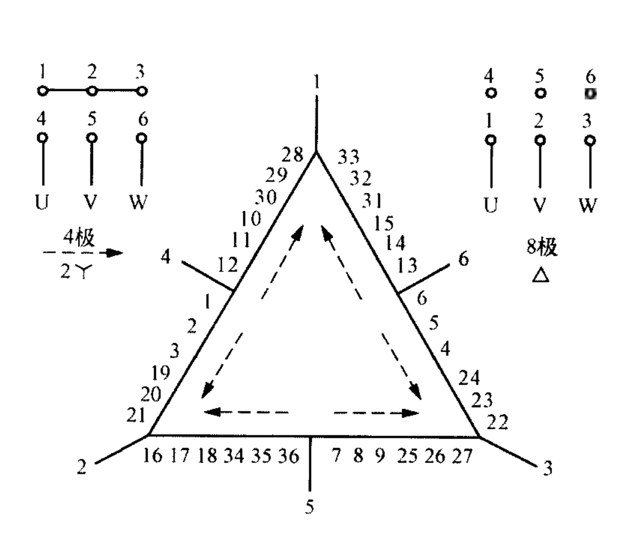


图 3-44　36 槽 4/8 极 2Y/△接法

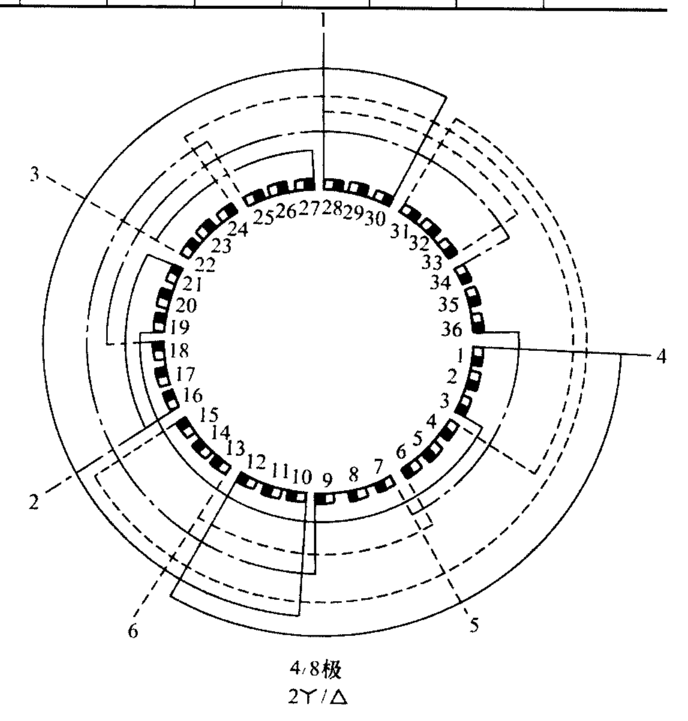


图 3-45　36 槽 4/8 极 2Y/△接法圆形接线图

节距：$y=1\sim6$

绕组系数：4 极 $k_d=0.96$，$k_p=0.766$，$k_{dp}=0.736$。

8 极 $k_d=0.844$，$k_p=0.985$，$k_{dp}=0.831$。

连接方式：2Y/△，引出线 6 根。

四、方案 4

方案 4 绕组安排见表 3-13，绕组接线方法和圆形接线图，如图 3-46～图 3-49 所示。

表 3-13　　4/6 极（定子 36 槽）

槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4 极	-v	-v	u	u	-w	-w	-w	v	v	-w	-u	v
6 极	-v	-v	u	u	-w	-w	w	v	v	w	-u	-v
反向指示										*		*
槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4 极	v	-u	-u	-u	w	w	-v	-v	u	u	-w	-w
6 极	-v	u	u	u	-w	-w	v	v	-u	-u	w	w
反向指示	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4 极	-w	v	v	-w	-u	v	v	-u	u	-u	w	w
6 极	u	-v	-v	-w	u	v	v	-u	-u	-u	w	w
反向指示	*	*	*		*							

注　表中 * 表示该相在变极时反向。

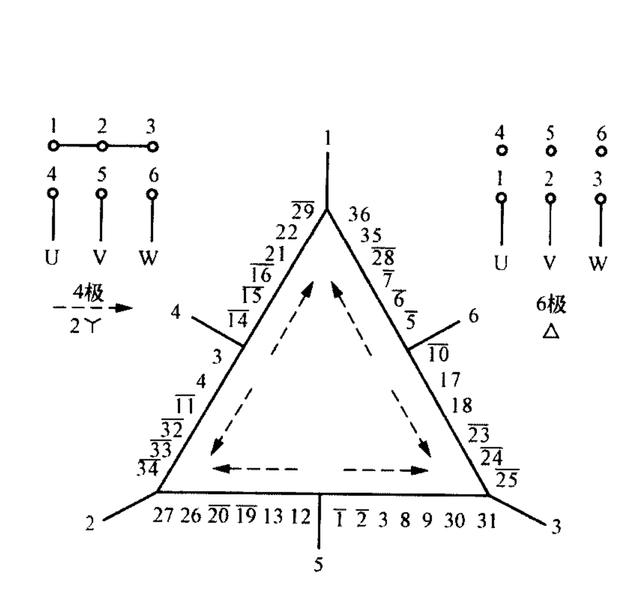


图 3-46　36 槽 4/6 极不规则分布绕组 2Y/△接法

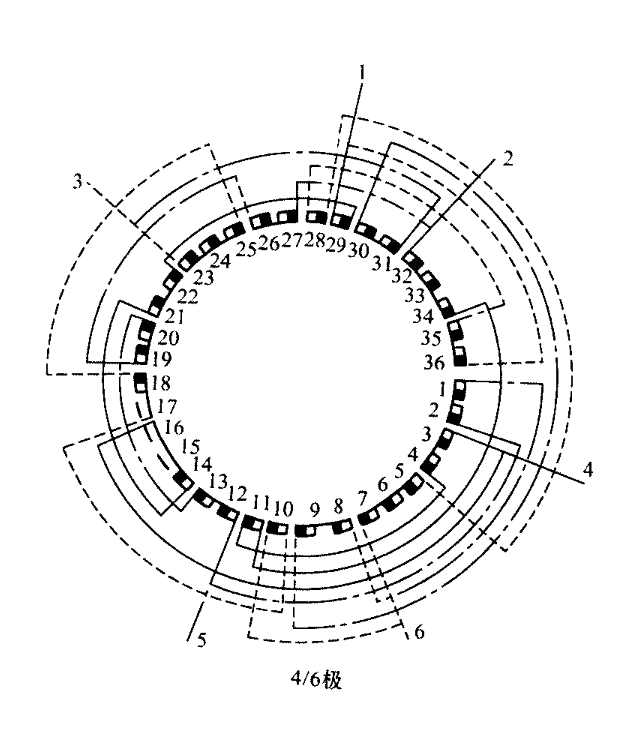


图 3-47　36 槽 4/6 极不规则分布绕组 2Y/△接法圆形接线图

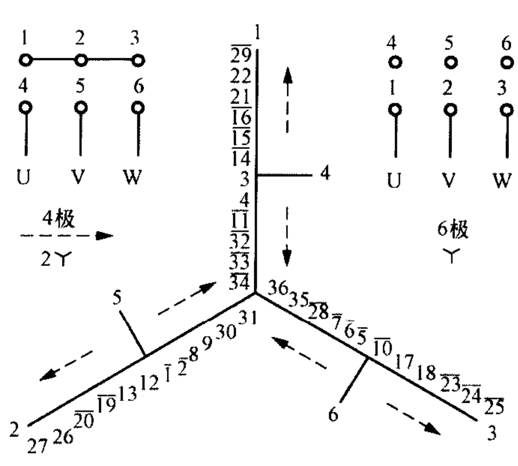
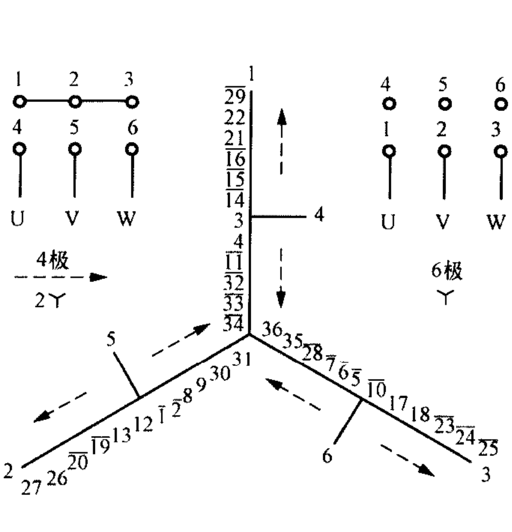



图 3-48 36 槽 4/6 极不规则分布绕组 2Y/Y 接法

图 3-49 36 槽 4/6 极不规则分布绕组 2Y/Y 接法圆形接线图

节距：$y=1\sim10$

绕组系数：4 极 $k_d=0.831$，$k_p=1$，$k_{dp}=0.831$。

6 极 $k_d=0.88$，$k_p=0.707$，$k_{dp}=0.622$。

连接方式：功率要求接近的场合采用 2Y/△。要求 4 极出力较高的场合采用 2Y/Y，引出线 6 根。

五、方案 5

方案 5 绕组安排见表 3-14，绕组接线方法和圆形接线图如图 3-50～图3-53 所示。

表 3-14 6/8 极（定子 36 槽）

槽 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8 极	u	−w	−w	v	u	−u	w	−v	−v	u	−w	−w
6 极	−u	w	w	−v	u	u	w	v	v	−u	w	w
反向指示	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
槽 号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
8 极	v	−u	−u	w	−v	−v	u	−w	−w	v	−u	−u
6 极	−v	u	u	−w	−v	v	u	−w	−w	v	−u	−u
反向指示	*	*	*	*		*						
槽 号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
8 极	w	−v	−v	u	−w	−w	v	−u	−u	w	−v	−v
6 极	w	−v	−v	u	w	−w	v	−u	u	w	v	−v
反向指示											*	

注 表中 * 表示该相在变极时反向。

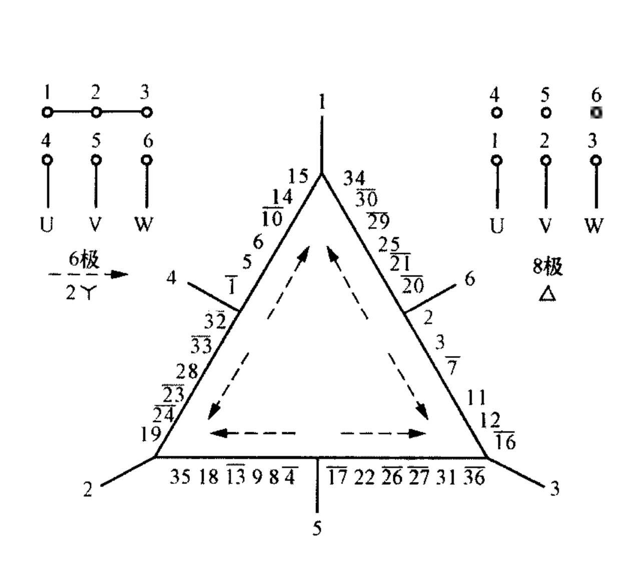


图 3-50　36 槽 6/8 极正规分布绕组 2Y/△接法

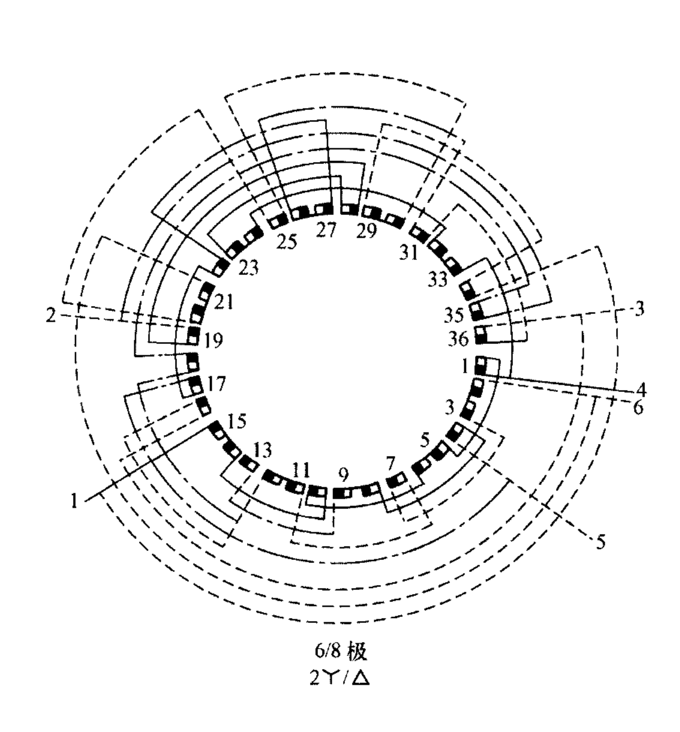


图 3-51　36 槽 6/8 极正规分布绕组 2Y/△接法圆形接线图

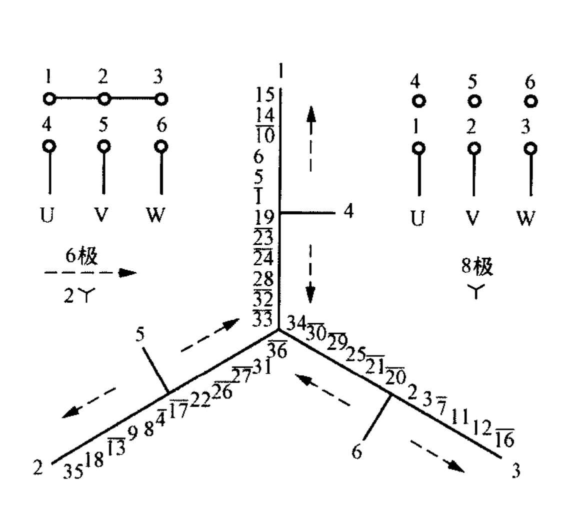


图 3-52　36 槽 6/8 极正规分布绕组 2Y/Y 接法

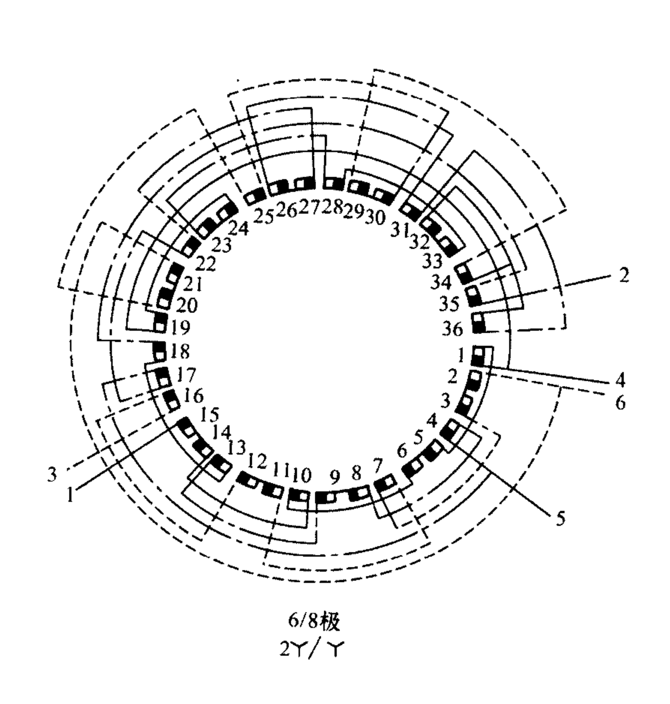


图 3-53　36 槽 6/8 极正规分布绕组 2Y/Y 接法圆形接线图

节距：$y=1\sim6$ 或 $1\sim7$

绕组系数：$y=1\sim6$　$k_{d6}=0.64$，$k_{p6}=0.966$，$k_{dp6}=0.62$。

$k_{d8}=0.96$，$k_{p8}=0.985$，$k_{dp8}=0.945$。

$y=1\sim7$　$k_{d6}=0.64$，$k_{p6}=1$，$k_{dp}=0.64$。

$k_{d8}=0.96$，$k_{p8}=0.866$，$k_{dp8}=0.83$。

连接方式：2Y/△或 2Y/Y，引出线 6 根。

六、方案 6

方案 6 绕组安排见表 3-15，绕组接线方法和圆形接线图如图 3-54 和图 3-55 所示。

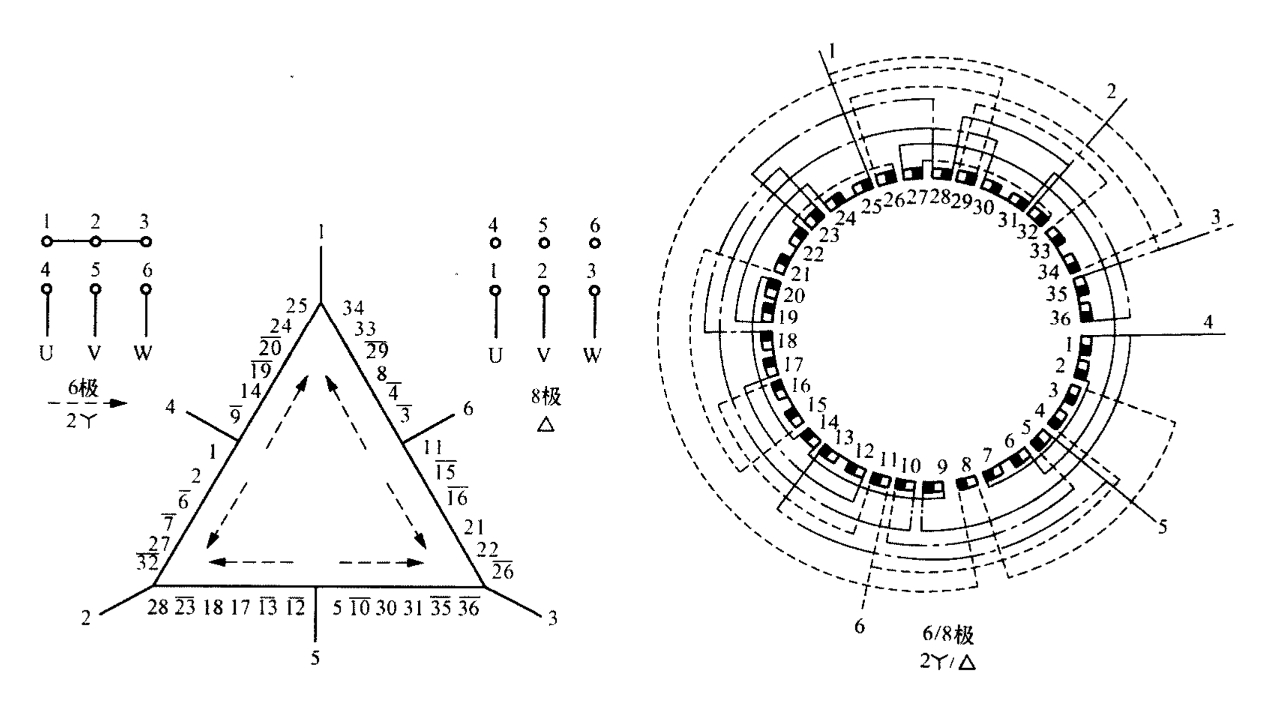


图 3-54　36 槽 6/8 极不规则分布绕组 2Y/△接法

图 3-55　36 槽 6/8 极不规则分布绕组 2Y/△接法圆形接线图

表 3-15　　6/8 极（定子 36 槽）

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6　极	u	u	w	−w	v	−u	−u	w	−u	−v	w	−v
8　极	u	u	−w	−w	v	−u	−u	w	u	−v	−w	v
反向指示									*		*	*
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
6　极	−v	u	−w	−w	v	v	−u	−u	w	w	−v	u
8　极	v	−u	w	w	−v	−v	u	u	−w	−w	v	−u
反向指示	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
槽　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
6　极	u	−w	u	v	−w	v	v	−u	w	w	−v	−v
8　极	−u	w	u	−v	−w	v	v	−u	w	w	−v	−v
反向指示	*	*		*								

注　表中 * 表示该相在变极时反向。

节距：$y=1\sim6$

绕组系数：6 极　$k_d=0.88$，$k_p=0.966$，$k_{dp}=0.85$。

　　　　　8 极　$k_d=0.83$，$k_p=0.985$，$k_{dp}=0.82$。

连接方式：2Y/△引出线 6 根。

七、方案 7

方案 7 绕组安排见表 3-16，绕组接线方法和圆形接线图如图 3-56～图 3-59 所示。

表 3-16　　**6/8 极（定子 54 槽）**

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6　极	u	u	u	—w	—w	—w	v	v	v	—u	—u	—u
8　极	u	u	u	w	—w	-w	v	v	v	—u	—u	—u
反向指示												
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
6　极	w	w	w	—v	—v	-v	u	u	u	—w	—w	—w
8　极	w	w	w	—v	—v	v	u	u	u	-w	—w	w
反向指示												*
槽　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
6　极	v	v	v	—u	—u	u	w	w	w	—v	—v	—v
8　极	v	—v	—v	u	u	u	—w	w	—w	v	v	v
反向指示		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
槽　号	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
6　极	u	u	u	—w	—w	w	v	v	v	—u	u	—u
8　极	—u	—u	u	w	w	w	v	—v	—v	u	u	u
反向指示	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
槽　号	49	50	51	52	53	54						
6　极	w	w	w	—v	—v	—v						
8　极	—w	-w	w	v	—v	—v						
反向指示	*	*		*								

注　表中＊表示该相在变极时反向。

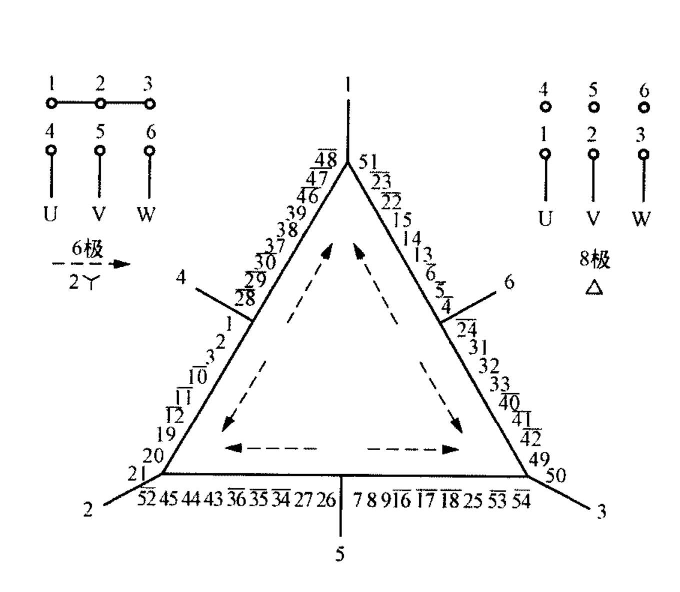


图 3-56　54 槽 6/8 极正规 60°相带绕组 2Y/△接法

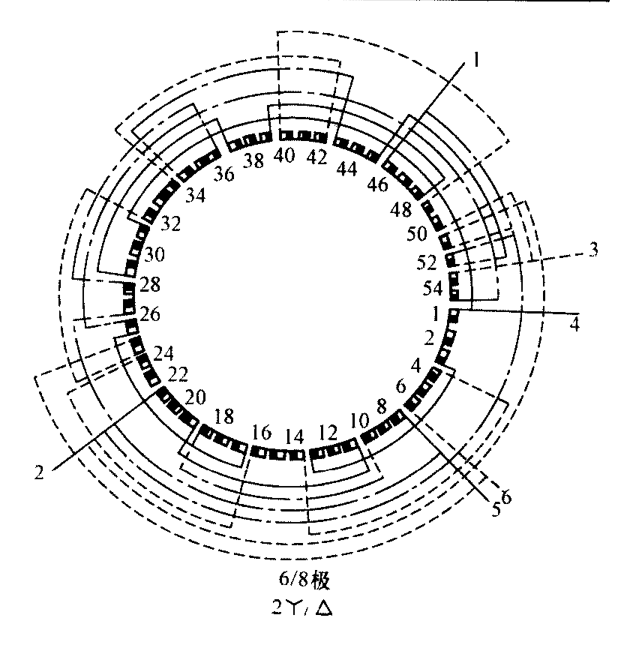


图 3-57　54 槽 6/8 极正规 60°相带绕组 2Y/△接法圆形接线图

节距：$y=1\sim7$。

绕组系数：6 极　$k_d=0.93$，$k_p=0.866$，$k_{dp}=0.805$。

　　　　　8 极　$k_d=0.65$，$k_p=0.985$，$k_{dp}=0.65$。

连接方式：2Y/△，引出线 6 根。

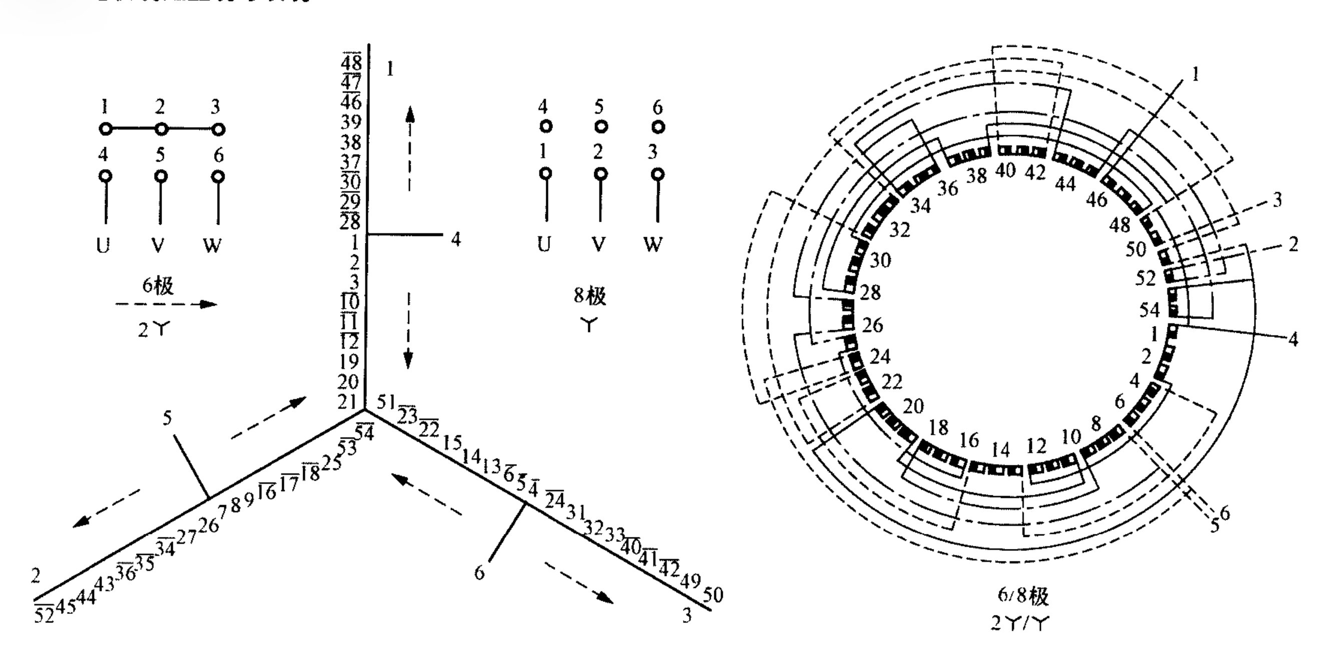


图 3-58　54 槽 6/8 极正规 60°相带绕组 2Y/Y 接法

图 3-59　54 槽 6/8 极正规 60°相带绕组 2Y/Y 接法圆形接线图

八、方案 8

方案 8 绕组安排见表 3-17，绕组接线方法和圆形接线图如图 3-60～图 3-63 所示。

表 3-17　　**2/4/8 极（定子 36 槽）**

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2　极	u	u	u	u	u	u	−w	−w	−w	−w	−w	−w
4　极	u	u	u	−w	−w	−w	v	v	v	−u	−u	−u
8　极	u	u	u	w	w	w	v	v	v	u	u	u
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2　极	v	v	v	v	v	v	−u	−u	−u	−u	−u	−u
4　极	w	w	w	−v	−v	−v	u	u	u	−w	−w	−w
8　极	w	w	w	v	v	v	u	u	u	w	w	w
槽　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2　极	w	w	w	w	w	w	−v	−v	−v	−v	−v	−v
4　极	v	v	v	−u	−u	−u	w	w	w	−v	−v	−v
8　极	v	v	v	u	u	u	w	w	w	v	v	v

节距：$y=1\sim7$。

绕组系数：2 极　$k_d=0.956$，$k_p=0.5$，$k_{dp}=0.478$。

4 极　$k_d=0.96$，$k_p=0.866$，$k_{dp}=0.831$。

8 极　$k_d=0.844$，$k_p=0.866$，$k_{dp}=0.73$。

连接方式：2△/2△/2Y，引出线 12 根。

九、方案 9

方案 9 绕组安排见表 3-18，绕组接线方法和圆形接线图如图 3-64 和图 3-65 所示。

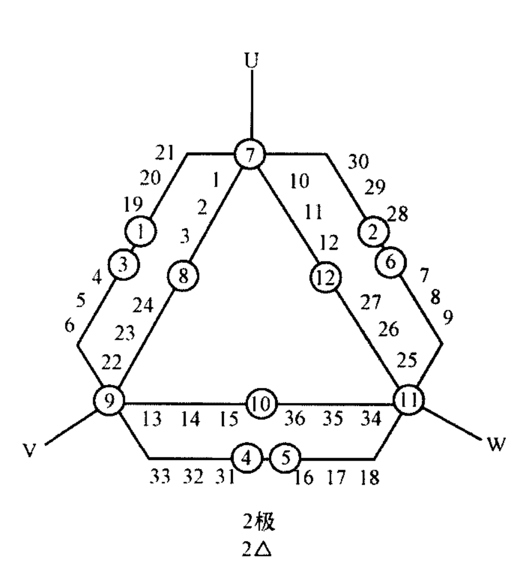


图 3-60　36 槽 2/4/8 极电动机 2 极时 2△接法

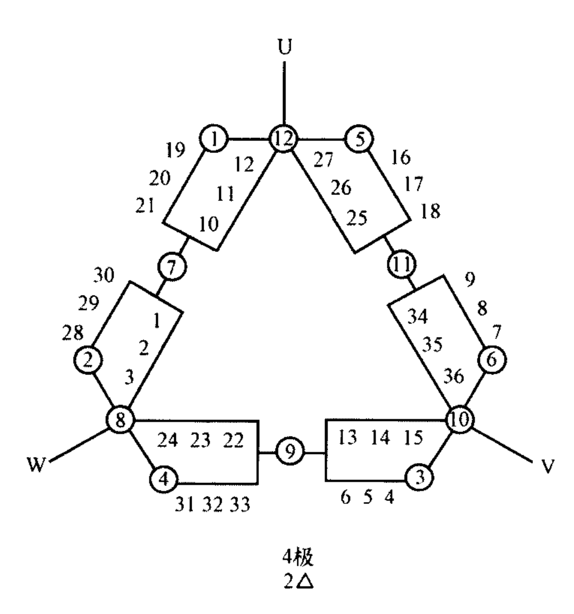


图 3-61　36 槽 2/4/8 极电动机 4 极时 2△接法

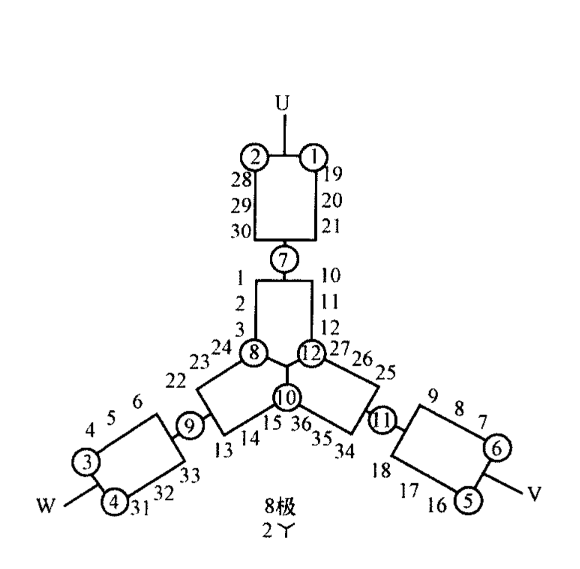


图 3-62　36 槽 2/4/8 极电动机 8 极时 2Y 接法

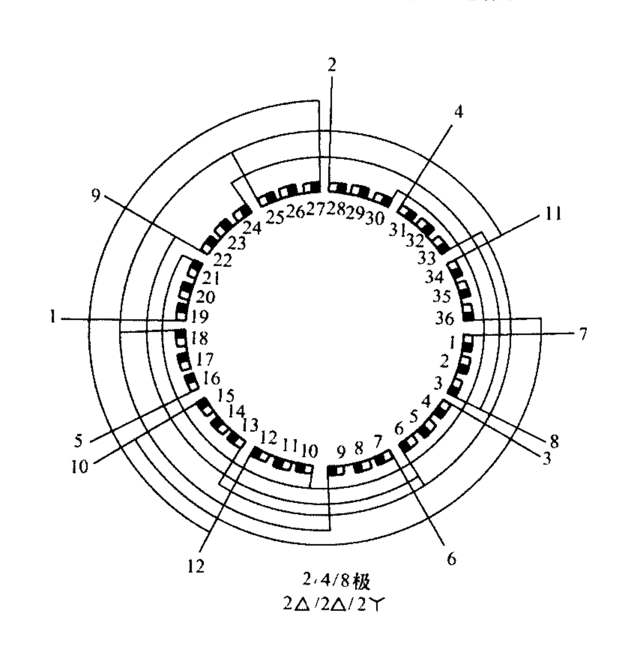


图 3-63　36 槽 2/4/8 极电动机 2△/2△/2Y 接法圆形接线图

表 3-18　　**4/6/8 极（定子 36 槽）**

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4　极	u	u	u	−w	−w	−w	v	v	v	−u	−u	−u
6　极	u	u	u	−w	−w	−w	v	v	v	−u	−u	−u
8　极	u	u	u	w	w	w	v	v	v	u	u	u
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4　极	w	w	w	−v	−v	−v	u	u	u	−w	−w	−w
6　极	w	w	−w	−v	v	v	−u	−u	−u	w	w	w
8　极	w	w	w	v	v	v	u	u	u	w	w	w

续表

槽 号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4 极	v	v	v	—u	—u	—u	w	w	w	—v	—v	—v
6 极	—v	—v	—v	u	u	u	—w	—w	w	v	—v	—v
8 极	v	v	v	u	u	u	w	w	w	v	v	v

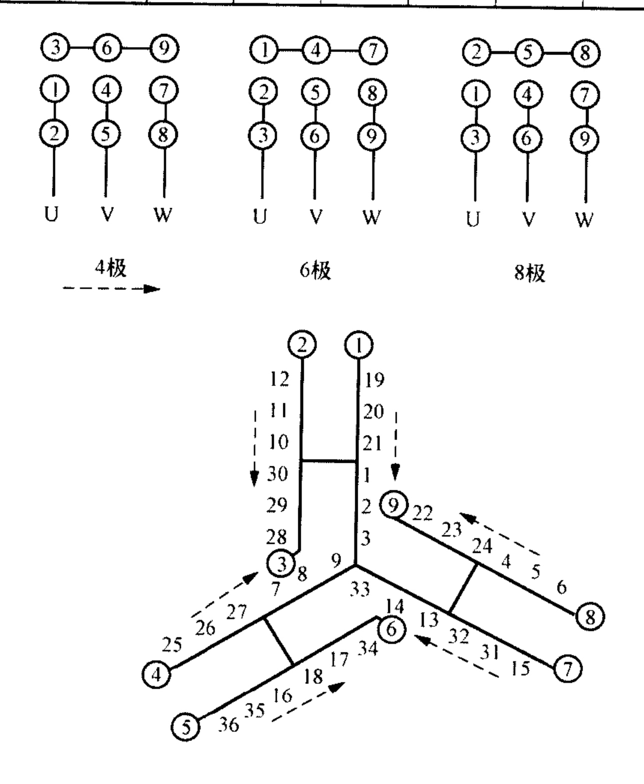
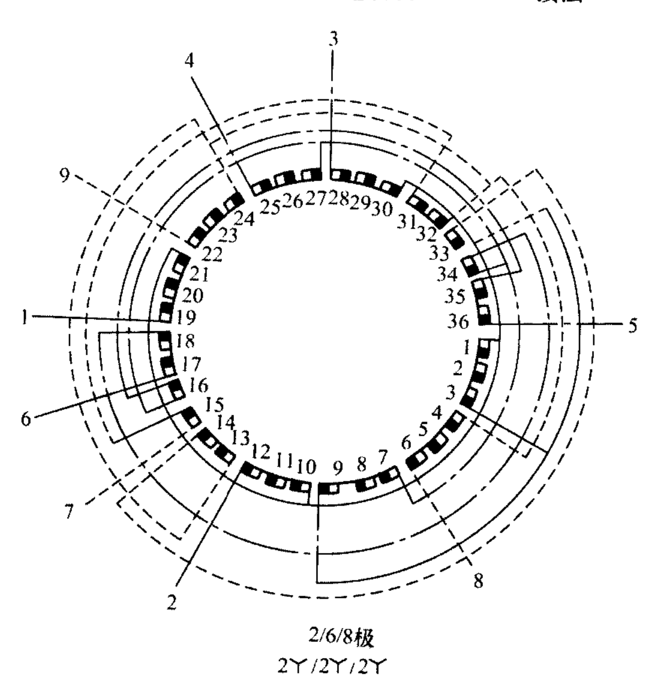


图 3-64 36 槽 4/6/8 极电动机 2Y/2Y/2Y 接法



2/6/8极
2Y/2Y/2Y

图 3-65 36 槽 4/6/8 极电动机 2Y/2Y/2Y 接法
圆形接线图

节距：$y=1\sim6$。

绕组系数：4 极　$k_d=0.96$，$k_p=0.766$，$k_{dp}=0.735$。

　　　　　6 极　$k_d=0.644$，$k_p=0.966$，$k_{dp}=0.623$。

　　　　　8 极　$k_d=0.844$，$k_p=0.985$，$k_{dp}=0.831$。

连接方式：2Y/2Y/2Y，引出线 9 根。

十、方案 10

方案 10 绕组安排见表 3-19，绕组连接方式和圆形接线图如图 3-66～图 3-70 所示。

表 3-19　　4/6/8/12 极（定子 36 槽）

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4　极	u △	u △	u Y	u Y	−w △	w △	v △	v △	v Y	v Y	−u △	−u △
6　极	u	u	−v	−v	w	w	−u	−u	v	v	−w	−w
8　极	−w △	−w △	v Y	v Y	w △	w △	−v △	−v △	u Y	u Y	v △	v △
12　极	u	−u	−v	−v	−w	−w	−u	−u	v	−v	−w	−w
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4　极	w △	w △	w Y	w Y	−v △	−v △	u △	u △	u Y	u Y	−w △	−w △
6　极	u	u	−v	−v	w	w	−u	−u	v	v	−w	−w
8　极	u △	−u △	w Y	w Y	u △	u △	w △	−w △	v Y	v Y	w △	w △
12　极	u	−u	−v	−v	−w	−w	−u	−u	−v	v	−w	−w
槽　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4　极	v △	v △	v Y	v Y	−u △	−u △	w △	w △	w Y	w Y	−v △	−v △
6　极	u	u	−v	−v	w	w	−u	−u	v	v	−w	−w
8　极	−v △	v △	u Y	u Y	v △	v △	−u △	−u △	w Y	w Y	u △	u △
12　极	u	−u	−v	−v	−w	−w	−u	−u	−v	−v	−w	−w

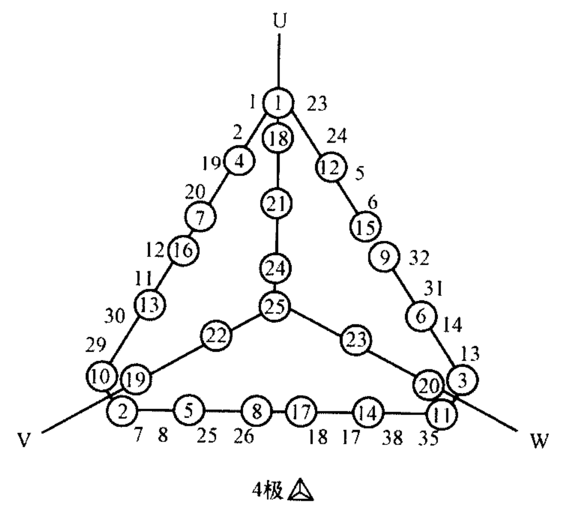


图 3-66　36 槽 4/6/8/12 极
△/2△/△/3Y4 极时△接法

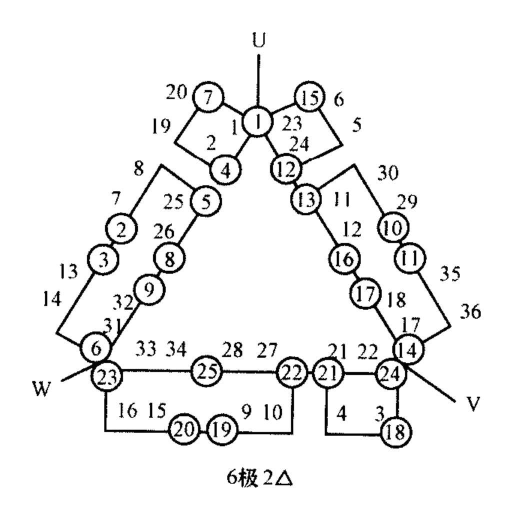


图 3-67　36 槽 4/6/8/12 极
△/2△/△/3Y6 极时 2△接法

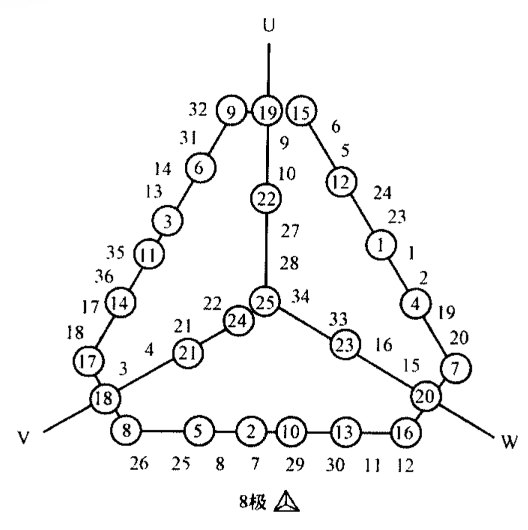


图 3-68　36 槽 4/6/8/12 极 Y△/2△/Y△/3Y8 极时Y△接法

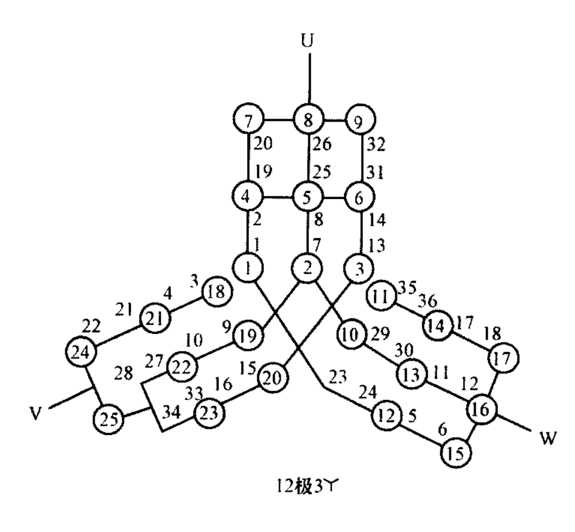


图 3-69　36 槽 4/6/8/12 极 Y△/2△/Y△/3Y12 极时 3Y 接法

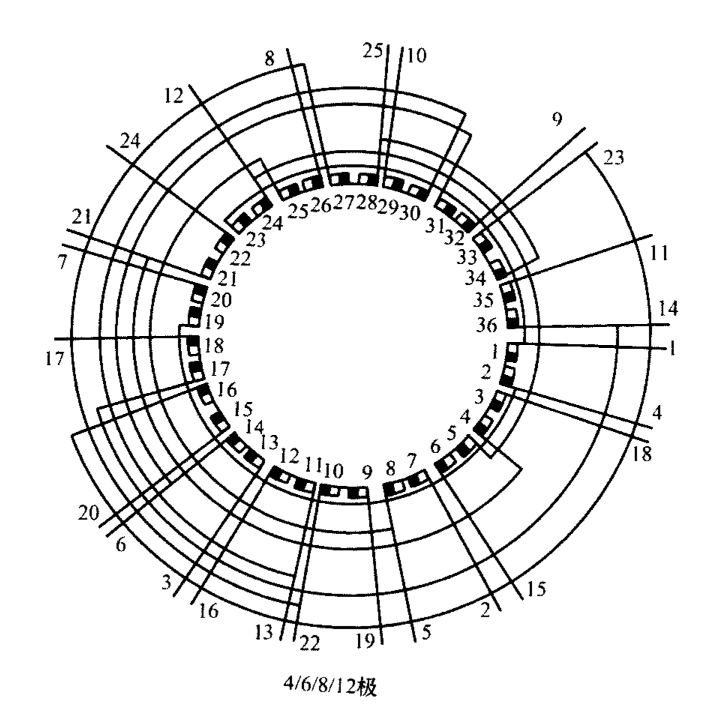


图 3-70　36 槽 4/6/8/12 极四速电动机Y△/2△/Y△/3Y 圆形接线图

节距：$y=1\sim4$。

绕组系数：4 极　$k_{dY}=0.985$，$k_p=0.5$，$k_{dpY}=0.493$。

$k_{d\triangle}=0.097$，$k_p=0.5$，$k_{dp\triangle}=0.485$。

6 极　$k_d=0.966$，$k_p=0.707$，$k_{dp}=0.683$。

8 极　$k_{dY}=0.94$，$k_p=0.866$，$k_{dpY}=0.814$。

$k_{d\triangle}=0.925$，$k_p=0.866$，$k_{dp\triangle}=0.80$。

12 极　$k_d=0.866$，$k_p=1$，$k_{dp}=0.866$。

连接方式：Y△/ 2△/Y△/ 3Y，引出线 25 根。

第五节　单绕组多速电动机铁心、绕组技术数据

一、YD 系列多速三相异步电动机铁心、绕组技术数据（见表 3-20）

表 3-20　YD 系列多速三相异步电动机铁心、绕组技术数据（380V、50Hz）

型号	极数	额定功率(kW)	接法	满载时 转速(r/min)	满载时 电流(A)	满载时 效率(%)	满载时 功率因数	定子铁心 外径(mm)	定子铁心 内径(mm)	铁心长度(mm)	定/转子槽数	绕组型式	节距	每槽线数	线规	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	质量(kg)
YD801-4/2	4	0.45	△	1420	1.4	66	0.74	120	75	65	24/22	双层叠绕	1～8/1～7	-260	1-ϕ0.38	6.5	1.5	1.8	18
	2	0.55	2Y	2860	1.5	65	0.85									7	1.7		
YD802-4/2	4	0.55	△	1420	1.7	68	0.74	120	75	80	24/22	双层叠绕	1～8/1～7	210	1-ϕ0.42	6.5	1.6	1.8	19
	2	0.75	2Y	2860	2.0	66	0.85									7	1.8		
YD90S-4/2	4	0.85	△	1430	2.3	74	1.77	130	80	90	24/22	双层叠绕	1～7	166	1-ϕ0.47	6.5	1.8	1.8	24
	2	1	2Y	2850	2.8	72	0.86									7	1.9		
YD90L-4/2	4	1.3	△	1430	3.3	76	0.78	130	80	120	24/22	双层叠绕	1～7	128	1-ϕ0.56	6.5	1.8	1.8	29
	2	1.8	2Y	2850	4.3	74	0.85									7	2		
YD100L1-4/2	4	2.0	△	1430	4.8	78	0.81	155	98	105	36/32	双层叠绕	1～11	80	1-ϕ0.71	6.5	1.7	1.8	36
	2	2.4	2Y	2850	5.6	76	0.86									7	1.9		
YD100L2-4/2	4	2.4	△	1430	5.6	79	0.83	155	98	135	36/32	双层叠绕	1～11	68	1-ϕ0.77	6.5	1.6	1.8	40
	2	3.0	2Y	2850	6.7	77	0.89									7	1.7		
YD112M-4/2	4	3.3	△	1450	7.4	82	0.83	175	110	135	36/32	双层叠绕	1～11	56	1-ϕ0.95	6.5	1.9	1.8	43
	2	4.0	2Y	2890	8.6	79	0.89									7	2		
YD132S-4/2	4	4.5	△	1450	9.8	83	0.84	210	136	115	36/32	双层叠绕	1～11	58	1-ϕ1.18	6.5	1.7	1.8	68
	2	5.5	2Y	2860	11.9	79	0.89									7	1.8		
YD132M-4/2	4	6.5	△	1450	13.8	84	0.85	210	136	160	36/32	双层叠绕	1～11	44	2-ϕ0.95	6.5	1.7	1.8	81
	2	8.0	2Y	2880	17.1	80	0.89									7	1.8		
YD160M-4/2	4	9	△	1460	18.5	87	0.85	260	170	155	36/26	双层叠绕	1～10	36	1-ϕ1.18 1-ϕ1.12	6.5	1.6	1.8	123
	2	11	2Y	2920	22.9	82	0.89									7	1.8		
YD100L-4/2	4	11	△	1460	22.3	87	0.86	260	170	195	36/26	双层叠绕	1～10	30	1-ϕ1.30 1-ϕ1.25	6.5	1.7	1.8	144
	2	14	2Y	2920	28.8	82	0.90									7	1.9		
YD180M-4/2	4	15	△	1470	29.4	89	0.87	290	187	190	48/44	双层叠绕	1～13	20	3-ϕ1.25	6.5	1.8	1.8	182
	2	18.5	2Y	2940	36.7	85	0.90									7	1.9		
YD180L-4/2	4	18.5	△	1470	35.9	89	0.88	290	187	220	48/44	双层叠绕	1～13	18	4-ϕ1.12	6.5	1.6	1.8	190
	2	22	2Y	2940	42.7	86	0.91									7	1.8		

续表

型号	极数	额定功率(kW)	接法	满载时				定子铁心		铁心长度(mm)	定/转子槽数	绕组型式	节距	每槽线数	线规	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	质量(kg)
				转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数	外径(mm)	内径(mm)										
YD90S-6/4	6	0.65	△	920	2.2	64	0.68	130	86	100	36/33	双层叠绕	1～7/1～8	152/146	1 ϕ0.45/1-ϕ0.45	6	1.6	1.8	23
	4	0.85	2Y	1420	2.3	70	0.79									6.5	1.4		
YD90L-6/4	6	0.85	△	930	2.8	66	0.70	130	86	120	36/33	双层叠绕	1～7/1～8	126/116	1-ϕ0.50/1-ϕ0.53	6	1.6	1.8	25
	4	1.1	2Y	1400	3.0	71	0.79									6.5	1.5		
YD100L1-6/4	6	1.3	△	940	3.8	64	0.70	155	98	115	36/32	双层叠绕	1～7	100	1-ϕ0.63	6	1.7	1.8	34
	4	1.8	2Y	1440	4.4	77	0.80									6.5	1.4		
YD100L2-6/4	6	1.5	△	940	4.3	75	0.70	155	98	135	36/32	双层叠绕	1～7	86	1-ϕ0.69			1.8	
	4	2.2	2Y	1440	5.4	77	0.80												
YD-112M 6/4	6	2.2	△	960	5.7	68	0.75	175	120	135	36/33	双层叠绕	1～7/1～8	76/76	1-ϕ0.80/1-ϕ0.80			1.8	
	4	2.8	2Y	1440	6.7	77	0.82												
YD132S-6/4	6	3.0	△	970	7.7	79	0.75	210	148	125	36/33	双层叠绕	1～7/1～8	68/66	1-ϕ1.0/1-ϕ0.95			1.8	
	4	4.0	2Y	1440	9.5	78	0.82												
YD132M-6/4	6	4.0	△	970	9.8	82	0.76	210	148	180	36/33	双层叠绕	1～7/1～8	52/48	2-ϕ0.75/2-ϕ0.8			1.8	
	4	5.5	2Y	1440	12.3	80	0.85												
YD160M-6/4	6	6.5	△	970	15.1	84	0.78	260	180	145	36/33	双层叠绕	1～7/1～8	48/46	1-ϕ1.06/1-ϕ1.0			1.8	
	4	8.0	2Y	1460	17.4	83	0.84								1-ϕ1.0/1-ϕ1.06				
YD160L-6/4	6	9	△	970	20.6	85	0.78	260	180	195	36/32	双层叠绕	1～7/1～8	36/46	2-ϕ1.18/2-ϕ1.18	6	1.6	1.8	147
	4	11	2Y	1460	23.4	84	0.85									6.5	1.7		
YD180M-6/4	6	11	△	980	25.9	85	0.76	290	205	200	36/32	双层叠绕	1～7/1～8	32/30	1-ϕ1.25/1-ϕ1.30	6	1.6	1.8	192
	4	14	2Y	1470	29.8	84	0.85								3-ϕ0.95/1-ϕ0.90	6.5	1.7		
YD180L-6/4	6	13	△	980	29.4	86	0.78	290	205	230	36/32	双层叠绕	1～7/1～8	28/26	3-ϕ0.95/1-ϕ1.0	6	1.7	1.8	224
	4	16	2Y	1470	33.6	85	0.85								2-ϕ1.18/1-ϕ1.12	6.5	1.7		

续表

型号	极数	额定功率(kW)	接法	满载时				定子铁心		铁心长度(mm)	定/转子槽数	绕组型式	节距	每槽线数	线规	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	质量(kg)
				转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数	外径(mm)	内径(mm)										
YD90L-8/4	8	0.45	△	700	1.9	58	0.63	130	86	120	36/33	双层叠绕	1～7/1～8	172	1 ϕ0.42	5.5	1.6	1.8	25
	4	0.75	2Y	1420	1.8	72	0.87									6.5	1.4		
YD100L-6/4	8	0.85	△	700	3.1	67	0.63	155	106	135	36/33	双层叠绕	1～6	114	1-ϕ0.56	5.5	1.6	1.8	38
	4	1.5	2Y	1410	3.5	74	0.88									6.5	1.4		
YD112M-8/4	8	1.5	△	700	5.0	72	0.63	175	120	135	36/33	双层叠绕	1～6	94	1-ϕ0.71	5.5	1.7	1.8	49
	4	2.4	2Y	1410	5.3	78	0.88									6.5	1.7		
YD132S-8/4	8	2.2	△	720	7.0	75	0.64	210	148	125	36/33	双层叠绕	1～6	84	1-ϕ0.85	5.5	1.5	1.8	63
	4	3.3	2Y	1440	7.1	80	0.88									6.5	1.7		
YD132M-8/4	8	3.0	△	720	9.0	78	0.65	210	148	180	36/33	双层叠绕	1～6	60	1-ϕ0.67 1-ϕ0.71	5.5	1.5	1.8	80
	4	4.5	2Y	1440	9.4	82	0.89									6.6	1.6		
YD160M-8/4	8	5.0	△	730	13.9	83	0.66	260	180	145	36/33	双层叠绕	1～6	54	1-ϕ1.40	5.5	1.5	1.8	124
	4	7.5	2Y	1450	15.2	84	0.89									6.5	1.6		
YD160L-8/4	8	7	△	730	19	85	0.66	260	180	195	36/33	双层叠绕	1～6	40	2-ϕ1.12	5.5	1.5	1.8	147
	4	11	2Y	1450	21.8	85	0.89									6.5	1.6		
YD180L-8/4	8	11	△	730	26.7	87	0.72	290	205	260	54/58	双层叠绕	1～8	22	2-ϕ1.30	6	1.5	1.8	259
	4	17	2Y	1470	32.6	88	0.91									7	1.5		
YD90S-8 6	8	0.35	△	700	1.6	56	0.60	130	86	100	36/33	双层叠绕	1～6	208	1-ϕ0.40	5	1.8	1.8	23
	6	0.45	2Y	930	1.4	70	0.72									6	2		
YD90L-8-6	8	0.45	△	700	1.9	59	0.60	130	86	120	36/33	双层叠绕	1～6	170	1 ϕ0.45	5	1.7	1.8	25
	6	0.65	2Y	920	1.9	71	0.73									6	1.8		
YD100L-8 6	8	0.75	△	710	2.9	65	0.60	155	106	135	36/33	双层叠绕	1～6	116	3-ϕ0.53	5	1.8	1.8	38
	6	1.1	2Y	950	3.1	75	0.73									6	1.9		
YD112M-8-6	8	1.3	△	710	4.5	72	0.61	175	120	135	36/33	双层叠绕	1～6	98	1-ϕ0.67	5	1.7	1.8	51
	6	1.8	2Y	950	4.8	78	0.73									6	1.9		
YD132S-8-6	8	1.8	△	730	5.8	76	0.62	210	148	110	36/33	双层叠绕	1～5	94	1-ϕ0.53 1-ϕ0.56	5	1.6	1.8	63
	6	2.4	2Y	970	6.2	80	0.73									6	1.9		

续表

型号	极数	额定功率(kW)	接法	满载时 转速(r/min)	满载时 电流(A)	满载时 效率(%)	满载时 功率因数	定子铁心 外径(mm)	定子铁心 内径(mm)	铁心长度(mm)	定/转子槽数	绕组型式	节距	每槽线数	线规	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	质量(kg)
YD132M-8-6	8	2.6	△	730	8.2	78	0.62	210	148	180	36/33	双层叠式	1~5	62	1-φ0.67 1-φ0.71	5	1.9	1.8	84
	6	3.7	2Y	970	9.4	82	0.73									6	1.9		
YD160M-8-6	8	4.5	△	730	13.3	83	0.62	260	180	145	36/33	双层叠式	1~5	56	2-φ0.95	5	1.6	1.8	119
	6	6	2Y	980	14.7	85	0.73									6	1.9		
YD160L-8-6	8	6	△	730	17.5	84	0.62	260	180	195	36/33	双层叠式	1~5	42	3-φ0.9	5	1.9	1.8	147
	6	8	2Y	980	19.4	86	0.73									6	1.9		
YD180M-8-6	8	7.5	△	730	21.9	84	0.62	290	205	200	36/32	双层叠式	1~5	36	2-φ1.0 1-φ0.95	5	1.9	1.8	195
	6	10	2Y	980	24.2	86	0.73									6	1.9		
YD180L-8/6	8	9	△	730	24.7	85	0.65	290	205	230	36/32	双层叠式	1~5	32	1-φ1.30 1-φ1.25	5	1.8	1.8	224
	6	12	2Y	980	28.3	86	0.75									6	1.8		
YD160M-12/6	12	2.6	△	480	11.6	74	0.46	260	180	145	36/33	双层叠式	1~4	74	1-φ0.80 1-φ0.85	4	1.2	1.8	119
	6	5	2Y	970	11.9	84	0.76									6	1.4		
YD160L-12/6	12	3.7	△	480	16.1	76	0.46	260	180	205	36/33	双层叠式	1~4	52	1-φ1.40	4	1.2	1.8	147
	6	7	2Y	970	15.8	85	0.79									6	1.4		
YD180L-12/6	12	5.5	△	490	19.6	79	0.54	290	205	230	54/58	双层叠式	1~6	32	1-φ1.06 1-φ1.12	4	1.3	1.8	224
	6	10	2Y	980	20.5	86	0.86									6	1.3		
YD100L-6/4/2	6	0.75	Y	950	2.6	65	0.65	155	98	135	36/32	单层链式	1~6	54	1-φ0.53	5.5	1.8	1.8	38
	4	1.3	△	1450	3.7	72	0.75					双层叠式	1~10	68		6	1.6		
	2	1.8	2Y	2900	4.5	71	0.85									7	1.6		
YD112M-6/4/2	6	1.1	Y	960	3.5	73		175	110	135	36/32	单层链式	1~6	45	1-φ0.67	5.5	1.7	1.8	43
	4	2.0	△	1450	5.1	78						双层叠式	1~10	62	1-φ0.60	6	1.4		
	2	2.4	2Y	2920	5.8	74										7	1.6		
YD132S-6/4/2	6	1.8	Y	970	5.1	75	0.71	210	136	115	36/32	单层链式	1~6	45	1-φ0.88	5.5	1.4	1.8	68
	4	2.6	△	1460	6.1	78	0.83									6	1.3		
	2	3.0	2Y	2210	7.4	71	0.87					双层叠式	1~10	64	1-φ0.80	7	1.7		

续表

型号	极数	额定功率(kW)	接法	满载时				定子铁心		铁心长度(mm)	定/转子槽数	绕组型式	节距	每槽线数	线规	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	质量(kg)
				转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数	外径(mm)	内径(mm)										
YD132M1-6/4/2	6	2.2	Y	970	6	77	0.72	210	136	140	36/32	单层链式	1～6	37	1-φ0.90	5.5	1.3	1.8	78
	4	3.3	△	1460	7.5	80	0.84					双层叠式	1～10	56	1-φ0.85	6	1.3		
	2	4.0	2Y	2910	8.8	76	0.91									7	1.7		
YD132M2-6/4/2	6	2.6	Y	970	6.9	80	0.72	210	136	180	36/32	单层链式	1～6	30	2-φ0.75	5.5	1.5	1.8	84
	4	4.0	△	1460	9	80	0.84									6	1.4		
	2	5.0	2Y	2190	10.8	77	0.91					双层叠式	1～10	44	1-φ0.90	7	1.7		
YD160M-6/4/2	6	3.7	Y	980	9.5	82	0.72	260	170	155	36/26	单层链式	1～6	27	2-φ0.90	5.5	1.5	1.8	124
	4	5.0	△	1470	11.2	81	0.84					双层叠式	1～10	40	2-φ0.75	6	1.3		
	2	6.0	2Y	2930	13.2	76	0.91									7	1.4		
YD160L-6/4/2	6	4.5	Y	980	11.4	83	0.72	175	170	195	36/26	单层链式	1～6	22	3-φ0.80	5.5	1.5	1.8	145
	4	7	△	1470	15.1	83	0.85									6	1.2		
	2	9	2Y	2930	18.8	79	0.92					双层叠式	1～10	32	1-φ1.18	7	1.3		
YD112M-8/4/2	8	0.85	△	710	3.7	62	0.56	175	110	135	36/33	双层叠式	1～6	100	1-φ0.53	5.5	1.7	1.8	45
	4	1.0	Y	950	3.1	68	0.73					单层链式	1～6	46	1-φ0.56	6.5	1.3		
	2	1.5	2Y	1440	3.5	75	0.86					双层叠式	1～6	100	1-φ0.53	7	1.5		
YD132S-8/4/2	8	1.1	△	730	4.1	68	0.60	210	148	120	36/33	双层叠式	1～6	98	1-φ0.60	5.5	1.4	1.8	65
	4	1.5	Y	970	4.2	74	0.73					单层链式	1～6	41	1-φ0.71	6.5	1.3		
	2	1.8	2Y	1460	4.0	78	1.87					双层叠式	1～6	98	1-φ0.60	7	1.3		

续表

型号	极数	额定功率(kW)	接法	满载时				定子铁心		铁心长度(mm)	定/转子槽数	绕组型式	节距	每槽线数	线规	堵转电流/额定电流	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	质量(kg)
				转速(r/min)	电流(A)	效率(%)	功率因数	外径(mm)	内径(mm)										
YD132M1-8/6/4	8	1.5	△	730	5.2	71	0.62	210	148	160	36 33	双层叠式	1~6	78	1-ϕ0.67	5.5	1.3	1.8	78
	6	2.0	Y	970	5.4	77	0.73					单层链式	1~6	32	1-ϕ0.85	6.5	1.5		
	4	2.2	2Y	1460	4.9	79	0.87					双层叠式	1~6	78	1-ϕ0.67	7	1.4		
YD132M2-8/6/4	8	1.8	Y	730	6.1	72	0.62	210	148	160	36/33	双层叠式	1~6	66	1-ϕ0.71	5.5	1.5	1.8	84
	6	2.6	△	970	6.8	78	1.74					单层链式	1~6	27	1-ϕ0.90	7	1.7		
	4	3.0	2Y	1460	6.5	80	0.87					双层叠式	1~6	56	1-ϕ0.71	6.5	1.5		
YD160M 8/6/4	8	3.3	△	720	10.2	79	0.62	260	180	145	36/33	双层叠式	1~6	58	1-ϕ0.75	5.5	1.7	1.8	120
	6	4.0	Y	960	9.9	81	0.76					单层链式	1~6	25	2-ϕ0.75	6.5	1.4		
	4	5.5	2Y	1440	11.6	83	0.87					双层叠式	1~6	58	2-ϕ0.75	7	1.5		
YD160L-8/6/4	8	4.5	△	720	13.8	80	0.62	260	180	195	36/33	双层叠式	1~6	44	2-ϕ0.85	5.5	1.6	1.8	147
	6	6.0	Y	960	14.5	83	0.76					单层链式	1~6	18	3-ϕ0.80	7	1.6		
	4	7.5	2Y	1440	15.6	84	0.87					双层叠式	1~6	44	2-ϕ0.85	6.5	1.5		
YD180L-8/6/4	8	7	△	740	20.2	81	0.65	290	205	260	54/50	双层叠式	1~8	22	2-ϕ1.0	6.5	1.7	1.8	205
	6	9	Y	980	20.6	83	0.80						1~9	10	2-ϕ1.12	7	1.7		
	4	12	2Y	1470	24.1	84	0.90						1~8	22	2-ϕ1.0	7	1.5		
YD180L-12/8/6/4	12	3.3	△	480	13	72	0.55	290	205	260	54/50	双层叠式	1~6	36	2-ϕ0.75	5	1.6	1.8	210
	8	5.0	△	740	16	79	0.62						1~8	24	1-ϕ0.80 1-ϕ0.75	6	1.5		
	6	6.5	2Y	970	14	82	0.88						1~6	36	2-ϕ0.75	6	1.3		
	4	9.0	2Y	1470	19	83	0.89						1~8	24	1-ϕ0.80 1-ϕ0.75	7	1.3		

注　表中6/4极的每槽线数和线规分子分母分别为节距1~7、1~8的资料。

二、JDO2 系列多速三相异步电动机铁心、绕组技术数据（见表 3-21）

表 3-21　　JDO2 系列多速三相异步电动机铁心、绕组技术数据

型　号	极数	功率（kW）	额定电流（A）	接法	定子铁心 外径（mm）	定子铁心 内径（mm）	铁心长度（mm）	定/转子槽数 Z_1/Z_2	节距	每槽匝数	线规 n_c d_c（mm）	气隙（mm）	效率（%）
JDO2-21-4/2	4 2	0.45 0.6	1.32 1.5	△ 2Y	145	90	70	36/27	1～10	162	1-ϕ0.41	0.25	69 72
JDO2 22-4/2	4 2	0.75 1	2.02 2.38	△ 2Y	145	90	100	36/27	1～10	120	1-ϕ0.49	0.25	73 75
JDO2-31-4/2	4 2	1.3 1.7	3.15 3.85	△ 2Y	167	104	100	36/26	1～10	106	1-ϕ0.69	0.3	77.5 78
JDO2-32 4/2	4 2	2.1 2.8	4.91 6.20	△ 2Y	167	104	140	36/26	1～10	74	1-ϕ0.86	0.3	79 80
JDO2-52-4/2	4 2	5.2 7.0	11.11 14.9	△ 2Y	245	150	140	36/26	1～10	46	1-ϕ1.4	0.5	85 79
JDO2-62-4/2	4 2	10 13	21.8 26	△ 2Y	280	150	160	36/26	1～10	36	1-ϕ1.45	0.6	85 81
JDO2-21-8/4	8 4	0.25 0.37	1.11 0.9	△ 2Y	145	90	70	36/27	1～6	290	1-ϕ0.35	0.25	55.5 73.5
JDO2 21 8/4	8 4	0.3 0.75	1.72 1.95	△ 2Y	145	94	90	36/26	1～6	190	1-ϕ0.41	0.25	73 72
JDO2-22-8/4	8 4	0.45 0.75	2.04 1.8	△ 2Y	145	94	110	36/26	1～6	156	1-ϕ0.49	0.25	63 76
JDO2-31-8/4	8 4	0.7 1.2	2.6 2.66	△ 2Y	167	104	140	36/34	1～6	136	1-ϕ0.62	0.30	65 78
JDO2-32-8/4	8 4	1.0 1.5	3.4 3.0	△ 2Y	167	104	140	36/34	1～6	120	1-ϕ0.64	0.30	66 78
JDO2-41-8/4	8 4	1.5 2.2	5 4.88	△ 2Y	210	136	100	48/38	1～8	92	1-ϕ0.77	0.35	68 78
JDO2-42-8/4	8 4	2.0 3.0	6.3 6.46	△ 2Y	210	136	130	48/38	1～8	70	1-ϕ0.90	0.35	73 80
JDO2 51 8/4	8 4	1.5 2.2	4.6 5.9	△ 2Y	245	174	80	48/44	1～7	88	1-ϕ0.80	0.4	74 77
JDO2-52-8/4	8 4	2.5 3.5	7.3 7.9	△ 2Y	245	174	110	48/44	1～7	62	1-ϕ0.96	0.4	76 79
JDO2-61 8/4	8 4	3.5 5.0	8.8 10.3	△ 2Y	280	200	120	48/44	1～7	56	1-ϕ1.16	0.4	81 82
JDO2-62 8/4	8 4	5 7	12.3 14.2	△ 2Y	280	200	160	48/44	1～7	42	1-ϕ1.35	0.4	82 83
JDO2-71 8/4	8 4	7 10	16 19.2	△ 2Y	328	230	125	54/44	1～8	34	1-ϕ1.45	0.45	83.6 85.4
JDO2-72-8/4	8 4	10 14	22.6 26.5	△ 2Y	328	230	175	48/44	1～7	28	2-ϕ1.20	0.45	85 87
JDO2-61-12/6	12 6	2 3.5	6.3 7.18	△ 2Y	280	200	120	48/44	1～6	74	1-ϕ1.04	0.4	71 81
JDO2-62 12/6	12 6	3 5	9.45 10.25	△ 2Y	280	200	160	54/63	1～6	52	1-ϕ1.16	0.4	73 83
JDO2-71-12/6	12 6	4.5 7	13 14.5	△ 2Y	328	230	125	54/44	1～6	50	1-ϕ1.20	0.45	77.2 83
JDO2 72-12/6	12 6	6.5 10	18 20	△ 2Y	328	230	175	54/44	1～6	36	1-ϕ1.40	0.45	78.5 84.3
JDO2-31～6/4/2	6 4 2	0.6 0.75 1	1.91 2.1 2.8	Y △ 2Y	167	104	100	36/27	1～6 1～10	80 114	1-ϕ1.55 1-ϕ1.44	0.3	65 70 67
JDO2-32 6/4/2	6 4 2	1 1.3 1.7	2.84 3.4 4.25	Y △ 2Y	167	104	125	35/27	1～6 1～10	57 88	1-ϕ1.67 1-ϕ1.55	0.3	73 73 73
JDO2-41-8/4/2	8 4 2	0.5 1.2 1.5	2.66 2.92 3.12	2Y △ 2△	210	136	120	36/26	1～7 1～13	158	1-ϕ1.64	0.35	62 82 81

续表

型　号	极数	功率(kW)	额定电流(A)	接法	定子铁心		铁心长度(mm)	定/转子槽数 Z_1/Z_2	节距	每槽匝数	线规 n_c-d_c(mm)	气隙(mm)	效率(%)
					外径(mm)	内径(mm)							
JDO2-42 8/4/2	8 4 2	1.1 1.7 2.2	4.08 4 4.9	2Y 2△ 2△	210	136	140	36/26	1～7 1～13	124	1-φ0.72	0.35 0.73	63 80
JDO2-52-8/4/2	8 4 2	1.8 4 4.5	6.5 9 9.6	2Y 2△ 2△	245	162	140	36/46	1～7 1～13	102	1-φ0.96	0.5	70 85 75
JDO2 51-8/6/4	8 6 4	1.2 1.75 2.1	4.2 4.87 5.0	△ Y 2Y	245	174	80	36/44	1～6	122 52	1-φ0.72 1-φ0.72	0.4	66.5 73 74
JDO2-62-8/6/4	8 6 4	3.5 4.5 5.0	9.1 10.2 10.5	△ Y 2Y	280	200	150	60/48	1～10 1-9	18 42	1-φ1.3 1-φ1.0	0.4	73 78 79
JDO2-71 8/6/4	8 6 4	5 6.5 7.0	12.3 13.8 14.7	△ 2Y 2Y	328	230	125	54/44	1～8	40 20	1-φ1.12 1-φ1.56	0.45	79 82 81
JDO2-72-8/6/4	8 6 4	7 9 10	17.3 18.5 19.8	△ Y 2Y	328	230	175	54/44	1～8	28 14	1-φ1.30 1-φ1.25	0.45	80.8 84.1 87.6
JDO2-61-8/4/12/6	8 4 12 6	2 3 1.3 2.5	5.8 6.9 4.9 5.8	△ 2Y △ 2Y	280	200	120	60/34	1～9 1～6	56 80	1-φ0.83 1-φ0.74	0.4	70 78 63 74
JDO2-62-8/4/12/6	8 4 12 6	3 4.5 2 3.5	8.1 10 7.4 8	△ 2Y △ 2Y	280	200	160	60/34	1～9 1～6	42 58	1-φ0.96 1-φ0.93	0.4	72 75 64 76
JDO2-71-8/4/12/6	8 4 12 6	4 6.5 3 5	10.7 14 9.3 11.2	△ 2Y △ 2Y	328	230	125	54/44	1～8 1～6	40 58	1-φ1.08 1-φ0.96	0.45	78 80 60.8 78.6
JDO2-72-8/4/12/6	8 4 12 6	6 9 4 7	15 18.3 12.4 14.6	△ 2Y △ 2Y	328	230	175	54/44	1～8 1～6	28 42	1-φ1.25 1-φ1.12	0.45	80.6 83 74 81.1

三、JDO3 系列多速三相异步电动机铁心、绕组技术数据（见表 3-22）

表 3-22　　JDO3 系列多速三相异步电动机铁心、绕组技术数据

型　号	极数	功率(kW)	额定电流(A)	接法	定子铁心		铁心长度(mm)	定/转子槽数 Z_1/Z_2	节距	每槽匝数	线规 n_c-d_c(mm)	气隙(mm)	效率(%)
					外径(mm)	内径(mm)							
JDO3-801 4/2	4 2	0.5 0.7	1.45 1.82	△ 2Y	130	80	75	24/22	1～8	250	1-φ0.44	0.25	68 68
JDO3 802-4/2	4 2	0.7 1.0	1.9 2.46	△ 2Y	130	80	100	24/22	1～8	190	1-φ0.53	0.25	73 72
JDO3-90S-4/2	4 2	1.1 1.5	2.82 3.58	△ 2Y	145	90	100	24/22	1～8	158	1-φ0.59	0.25	75 74
JDO3 100S-4/2	4 2	1.3 1.7	3.06 3.86	△ 2Y	167	104	85	36/26	1～10	124	1-φ0.64	0.3	77 76
JDO3-100L-4/2	4 2	2.1 2.8	4.81 6.28	△ 2Y	167	104	115	36/26	1～10	90	1-φ0.77	0.3	78 77
JDO3-112S-4/2	4 2	2.8 3.5	6.18 7.16	△ 2Y	188	118	110	36/32	1～10	80	1 φ0.86	0.3	80 78
JDO3 112L-4/2	4 2	3.5 4.5	7.49 9.55	△ 2Y	188	118	140	36/32	1～10	62	1-φ1.00	0.3	82.5 80

续表

型　号	极数	功率 (kW)	额定 电流 (A)	接法	定子铁心		铁心 长度 (mm)	定/转子 槽数 Z_1/Z_2	节距	每槽 匝数	线规 n_c-d_c (mm)	气隙 (mm)	效率 (%)
					外径 (mm)	内径 (mm)							
JDO3-140S-4/2	4 2	5 7	10 14.9	△ 2Y	245	162	120	36/26	1～10	50	1-ϕ1.20	0.45	86 81
JDO3-140M-4/2	4 2	7 10	14 20.8	△ 2Y	245	162	170	36/26	1～10	36	2-ϕ1.0	0.45	87 83
JDO3-160S-4/2	4 2	9 12	17.8 23.6	△ 2Y	280	180	170	36/26	1～10	32	2-ϕ1.25	0.55	87 84
JDO3-160M-4/2	4 2	13 17	25.5 32.6	△ 2Y	280	180	210	36/26	1～10	26	2-ϕ1.35	0.55	87.5 86
JDO3-90S-8/4	8 4	0.55 1.1	2.39 2.77	△ 2Y	145	94	105	36/33	1～6	160	2-ϕ0.53	0.25	61.5 71
JDO3-100S-8/4	8 4	0.75 1.5	2.82 3.48	△ 2Y	167	114	95	36/33	1～6	148	2-ϕ0.59	0.25	66 74.5
JDO3-100L-8/4	8 4	1.5 2.2	3.84 4.88	△ 2Y	167	114	130	36/33	1～6	108	2-ϕ0.69	0.25	69 77
JDO3-112S-8/4	8 4	1.5 3.0	4.28 6.70	△ 2Y	188	128	115	36/32	1～6	104	1-ϕ0.80	0.25	75 79
JDO3-112L-8/4	8 4	3.2 3.6	6.44 7.76	△ 2Y	188	128	150	36/32	1～6	80	1-ϕ0.93	0.25	77.5 80
JDO3-140S-8/4	8 4	3.2 4.5	7.8 9.8	△ 2Y	245	174	120	48/44	1～7	62	1-ϕ1.04	0.4	80 80
JDO3-140M-8/4	8 4	4.5 7	11 15.3	△ 2Y	245	174	170	48/44	1～7	44	1-ϕ1.25	0.4	80 81
JDO3 180M1～8/4	8 4	11 15	24 28	△ 2Y	328	230	175	48/44	1～7	28	1-ϕ1.35	0.45	87.6 88.6
JDO3 180M2-8/4	8 4	15 22	32.4 40.7	△ 2Y	328	230	250	48/44	1～7	20	3-ϕ1.30	0.4	88 89
JDO3-200M-8/4	8 4	22 30	46.4 55.5	△ 2Y	368	260	240	48/44	1～7	18	4-ϕ1.35	0.45	89.7 90
JDO3-225S-8/4	8 4	28 .40	62.6 74	△ 2Y	368	245	270	48/44	1～7	18	6-ϕ1.45	0.6	90.6 91.3
JDO3-250S-8/4	8 4	40 55	86 100	△ 2Y	405	275	320	48/44	1～7	26 $a=2$（8极） $a=4$（4极）	4-ϕ1.56	0.6	92 91.3
JDO3-100S-6/4	6 4	1.1 1.5	3.22 3.61	△ 2Y	167	105	85	36/32	1～7	132	1-ϕ0.64	0.3	73 77
JDO3 100L-6/4	6 4	1.5 2.2	4.22 5.23	△ 2Y	167	105	115	36/32	1～7	98	1-ϕ0.74	0.3	76 78
JDO3-112S-6/4	6 4	2.2 3.0	5.7 6.78	△ 2Y	188	118	110	36/32	1～7	84	1-ϕ0.83	0.3	78 80
JDO3-112L-6/4	6 4	3 4	7.4 8.72	△ 2Y	188	118	140	36/32	1～7	66	1-ϕ0.96	0.3	80 82
JDO3 140S-6/4	6 4	3.5 5.0	7.9 11	△ 2Y	245	162	120	36/28	1～7	62	1-ϕ1.13	0.4	81.5 81
JDO3-140M-6/4	6 4	4.5 7.0	10.8 15	△ 2Y	245	162	170	36/28	1～7	48	2-ϕ1.0	0.4	81.5 82
JDO3-160S-12/6	12 6	3.5 7	10.7 14.4	△ 2Y	280	200	180	54/63	1～6	46	1-ϕ1.25	0.4	74 84
JDO3-160M-12/6	12 6	4.5 10	13.6 20.4	△ 2Y	280	200	240	54/63	1～6	36	2-ϕ1.0	0.4	75 85
JDO3-1801M 12/6	12 6	6.5 11	17.4 22	△ 2Y	328	230	175	54/44	1～6	32	2-ϕ1.08	0.4	81.8 85.3
JDO3 1802M-12/6	12 6	9 15	24.3 30	△ 2Y	328	230	250	54/44	1～6	22	2 ϕ1.30	0.4	83.7 87.1
JDO3-200M-12/6	12 6	14 22	36.5 42.5	△ 2Y	368	260	260	54/44	1～6	18	3-ϕ1.35	0.45	87.1 89.1

续表

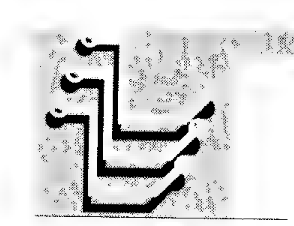
型号	极数	功率（kW）	额定电流（A）	接法	定子铁心 外径（mm）	定子铁心 内径（mm）	铁心长度（mm）	定/转子槽数 Z_1/Z_2	节距	每槽匝数	线规 n_c-d_c（mm）	气隙（mm）	效率（%）
JDO3-225S-12/6	12 6	18 28	49 53.3	△ 2Y	368	260	305	72/58	1～7	44 $a=3$（12极） $a=6$（6级）	2-ϕ1.25	0.5	87.6 90.5
JDO3-250S-12/6	12 6	25 40	70.7 75.9	△ 2Y	405	275	320	72/58	1～7	40 $a=3$（12级） $a=6$（6级）	1-ϕ1.56 1-ϕ1.62	0.6	88 91
JDO3-100S-8/4/2	8 4 2	0.4 1.1 1.5	2.05 2.61 3.34	2Y 2△ 2△	167	104	85	36/32	1～7 1～13	240	1-ϕ0.47	0.3	55 79 76
JDO3-100L-8/4/2	8 4 2	0.6 1.5 2.2	2.76 3.56 5.0	2Y 2△ 2△	167	1.0	115	36/32	1～7 1～13	184	1-ϕ0.53	0.3	58 80 77
JDO3 112S-8/4/2	8 4 2	0.8 2.2 3	3.76 4.8 6.5	2Y 2△ 2△	188	118	110	36/32	1～7 1～13	150	1-ϕ0.64	0.3	61 83 78
JDO3-112L 8/4/2	8 4 2	1.3 3 4	5.25 6.4 8.85	2Y 2△ 2△	188	118	140	36/32	1～7 1～13	116	1-ϕ0.72	0.3	66 84 81
JDO3 100S-6/4/2	6 4	0.7 1.0	2.64 3.10	△ 2Y	167	104	85	36/32				0.3	66 70
	2	1.3	3.00	Y					1～18 2～17 3～16	43	1-ϕ0.74		73.5
JDO3 100L-6/4/2	6 4	1 1.3	3.61 3.86	△ 2Y	167	104	115						69 73
	2	2	4.52	Y					1～18 2～17 3～16	32	1-ϕ0.83		75.5
JDO3-112S-6/4/2	6 4	1.3 2	4.05 4.92	△ 2Y	188	118	110						75 78
	2	2.6	5.9	Y					1～18 2～17 3～16	27	1-ϕ0.93		76
JDO3-112L-6/4/2	6 4	2 2.6	5.8 6.33	△ 2Y	188	118	140						77 79
	2	3.2	7.1	Y			110		1～18 2～17 3～16	22	1-ϕ1.0		78
JDO3-140S-6/4/2	6 4 2	2.5 3 3.5	6.8 6.5 9.1	3Y △Y △Y	245	150	120	36/26	1～7	140	1-ϕ0.80	0.5	70 79 66
JDO3-140M-6/4/2	6 4 2	3 3.8 4.5	8 8 11.3	3Y △Y △Y	245	150	170	36/26	1～6	108	1-ϕ0.90	0.5	79 82 68
JDO3-100S-8/6/4	8 6 4	0.6 0.8 1.1	2.4 2.92 2.63	2Y 2Y 2Y	167	114	90	36/32	1～6	176	1-ϕ0.53	0.25	68 65 71.5
JDO3-100L-8/6/4	8 6 4	1 1.3 1.7	3.64 4.34 4	2Y 2Y 2Y	167	114	125	36/32	1～6	128	1-ϕ0.64	0.25	72 69 72.5
JDO3-112S-8/6/4	8 6 4	1.3 1.5 2.0	4.37 4.71 4.41	2Y 2Y 2Y	188	128	115	36/32	1～6	120	1-ϕ0.74	0.25	74 71 77.5

续表

型　号	极数	功率（kW）	额定电流（A）	接法	定子铁心 外径（mm）	定子铁心 内径（mm）	铁心长度（mm）	定/转子槽数 Z_1/Z_2	节距	每槽匝数	线规 n_c-d_c（mm）	气隙（mm）	效率（%）
JDO3-112L-8/6/4	8 6 4	2 2.2 2.8	6.43 6.51 6.05		188	128	150	36/32	1～6	92	1-ϕ0.86	0.25	75 73.5 79
JDO3-140S-8/6/4	8 6 4	2 2.8 3.5	6.06 7.9 7.7		245	162	120	36/32	1～5	98	1-ϕ0.90	0.45	77 77 79
JDO3-140M-8/6/4	8 6 4	3 4 5	9.1 11.6 10.6	2Y	245	162	170	36/26	1～5	70	1 ϕ1.04	0.45	77 77 79
JDO3-160S-8/6/4	8 6 4	4.5 5.5 7.5	13 14.5 15.8		280	180	170	36/26	1～6	62	1-ϕ1.30	0.5	78 80 82
JDO3-160M-8/6/4	8 6 4	5.5 7 10	15 17.5 20.5		280	180	210	36/26	1～6	52	1 ϕ1.40	0.5	79 82 84
JDO3-1801M-8/6/4	8 4 6	7.5 11 10	17.5 22.2 20	△ 2Y Y	328	230	175	54/44	1～8	26 14	1 ϕ1.35 2-ϕ1.35	0.4	83.5 84.4 84.7
JDO3-1802M-8/6/4	8 4 6	10 15 13	23 30 25.7	△ 2Y Y	328	230	250	54/44	1～8	18 10	2-ϕ1.16 3-ϕ1.25	0.4	84.8 86 85.8
JDO3-200M-8/6/4	8 4 6	15 22 18.5	32.8 41.7 35.6	△ 2Y Y	368	260	260	54/44	1～8	16 8	2-ϕ1.40 4-ϕ1.30	0.45	87 88 87.8
JDO3-225S-8/6/4	8 4 6	20 28 25	45.2 52 48.4	△ 2Y Y	368	250	290	72/58	1～11 1～12	21 16（a=3）	4-ϕ1.40 2-ϕ1.45	0.5	88.8 90 89.8
JDO3-250S-8/6/4	8 4 6	28 40 36	61.5 71.6 68.9	△ 2Y Y	405	275	320	72/58	1～11 1～12	10 13（a=3）	5 ϕ1.40 3-ϕ1.35	0.6	89.5 90.2 60.4
JDO3-140S-12/8/6/4	8 4 12 6	1.5 3 1 2.2	4.65 7.4 3.6 6	△ 2Y △ 2Y	245	162	120	36/44	1～6 1～4	78 114	1 ϕ0.80 1-ϕ0.74	0.35	70 75 65 72
JDO3-140M-12/8/6/4	8 4 12 6	2.2 4 1.3 3	9 8.4 6 8	△ 2Y △ 2Y	245	170	170	36/44	1～6 1～4	60 90	1-ϕ0.93 1-ϕ0.93	0.35	72 84 63 74
JDO3-160S-12/8/6/4	8 4 12 6	3.5 5.5 2.2 4.5	10.2 12.5 8 10.4	△ 2Y △ 2Y	280	180	180	60/34	1～9 1～6	38 50	1-ϕ1.80 1 ϕ0.93	0.4	70.5 75 64 75
JDO3-160M-12/8/6/4	8 4 12 6	4.5 7.0 2.8 5.5	12.5 15 9.2 12.5	△ 2Y △ 2Y	280	200	240	60/34	1～9 1～6	30 38	1-ϕ1.20 1 ϕ1.08	0.4	72 80 68 78
JDO3-1801M-12/8/6/4	8 4 12 6	7 10 5 7.5	16.5 20.5 14.8 15.4	△ 2Y △ 2Y	328	230	175	54/44	1～8 1～6	26 36	1-ϕ1.30 1-ϕ1.20	0.4	82.5 84 78 84

续表

型　号	极数	功率(kW)	额定电流(A)	接法	定子铁心外径(mm)	定子铁心内径(mm)	铁心长度(mm)	定/转子槽数 Z_1/Z_2	节距	每槽匝数	线规 n_c-d_c (mm)	气隙(mm)	效率(%)
JDO3-1802M-12/8/6/4	8 4	9 13	22 26.5	△ 2Y	328	230	250	54/44	1～8	18	2-ϕ1.08	0.4	84.4 85.8
	12 6	6.5 11	18 22.3	△ 2Y					1～6	26	2-ϕ1.0		79.2 84.4
JDO3-200M-12/8/6/4	8 4	12 18.5	28.6 36.7	△ 2Y	368	260	260	54/44	1～8	16	2-ϕ1.25	0.45	85.8 86.4
	12 6	9 15	25 29.7	△ 2Y					1～6	22	2-ϕ1.16		82.6 86.3
JDO3-225S-12/8/6/4	8 4	12 25	41.4 48	△ 2Y	368	250	290	72/58	1～11	12	3-ϕ1.35	0.5	86.7 88.3
	12 6	12 20	34.5 37.8	△ 2Y					1～7	18	3-ϕ1.35		83.8 88.5
JDO3-250S-12/8/6/4	8 4	24 36	57.7 67.8	△ 2Y	405	275	320	72/58	1～11	10	4-ϕ1.45	0.6	87.6 89
	12 6	17 28	44.8 56	△ 2Y					1～7	16	3-ϕ1.56		85.6 89.1



第四章

单相异步电动机绕组重绕

第一节　电 动 机 绕 组

单相异步电动机的定子绕组与三相异步电动机的定子绕组有很多相同之处，但由于这种电动机多为小型与微型，其定子绕组形式和重绕工艺也有不少不同之处。单相异步电动机定子绕组种类较多，按槽内导体层数可分为单层绕组和双层绕组；按绕组端接部分的形状，单层绕组又有同心式、交叉式和链式三种，双层绕组又分为叠绕组和波绕组；按槽内导线的分布规律分则有正弦绕组、非正弦绕组、集中绕组和分布绕组等。

单、双层叠绕组，交叉式，链式及波绕组在第一章中已做了详细介绍，本章主要介绍单相异步电动机中常用的同心绕组、正弦绕组、罩极式电动机绕组。

一、同心绕组

同心绕组是由几个轴线重合而跨距不同的线圈串联组成的。由于分相电动机（电阻起动、电容起动）的运行性能主要取决于主绕组（工作绕组），通常主绕组占定子总槽数的 2/3，副绕组（起动绕组）占总槽的 1/3，两绕组的轴线在空间相隔 90°电角度。因为副绕组不参与长期运行，其匝数一般为主绕组的 1/2～1/3，副绕组的导线截面积通常约为主绕组的 1/2～1/5。同心绕组的排列方法如图 4-1 所示，该绕组每槽中的导线数相等，即各同心线圈具有相等的匝数。

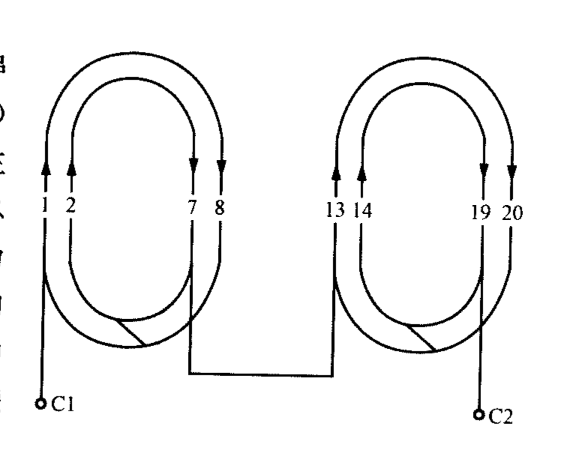


图 4-1　同心绕组示意图

一般来说，同心式绕组存在着端接部分较长、耗用导线较多（因而增加绕组的总长、增大漏磁）等缺点。但同心绕组的极相组排列分明清晰，接线不容易弄错，线圈绕制和嵌线都比较简单易行，因此单相异步电动机中大多采用这种绕组。

分相电动机的单层同心绕组接线图如图 4-2 所示，其中 U_1、U_2 为主绕组的出线端，Z_1、Z_2 为副绕组的出线端。

主绕组与副绕组的接线应使气隙磁场相间地出现 N 极和 S 极。主绕组与副绕组必须分开连接，两相绕组的端线均引到电动机的出线盒内，调换起动绕组的端头 Z_1 和 Z_2 即可改变单相电动机的旋转方向。

对于电容运转单相异步电动机，由于主、副绕组都接在电源上参与运转，两绕组所占定子槽数相等，用铜量也基本相等。2 极 16 槽的电容运转电动机的定子绕组展开图如图 4-3 所示。

二、正弦绕组

正弦绕组一般都采用同心式绕组结构，其特点是组成每一相绕组的各个线圈的匝数不相等，线圈节距越大的匝数越多，线圈节距越小的匝数越少。总的要求是使属于一相绕组的各槽

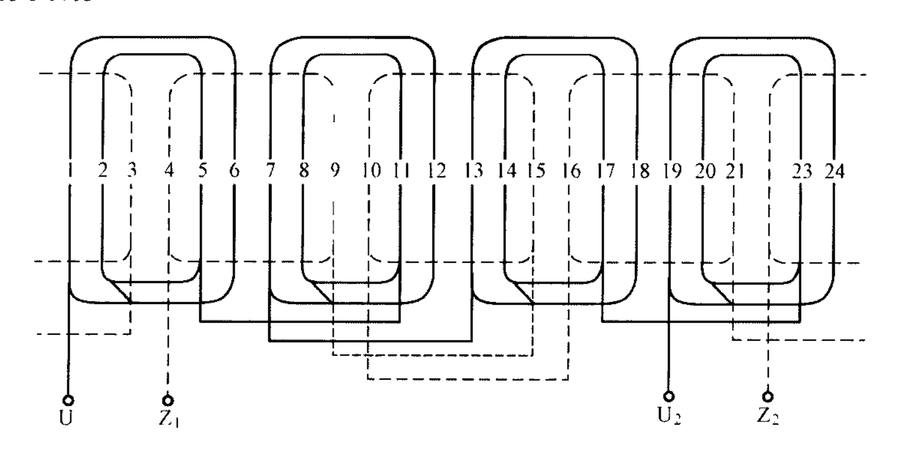


图 4-2　24 槽 4 极单层同心绕组接线图

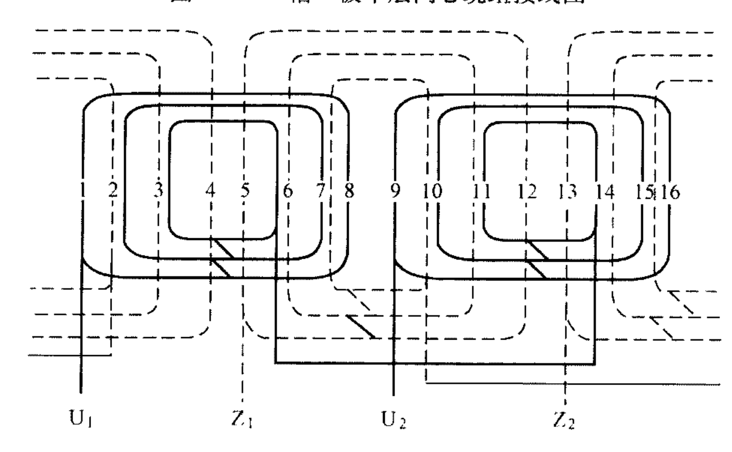


图 4-3　电容运转电动机定子绕组展开图

内导线数按正弦规律分布。当同一相电流流过该相所有匝数不等的同心式绕组时，由于各槽电流与槽内导线数成正比，使槽电流分布符合正弦波形，进而使相绕组建立的磁通势空间分布波形很接近正弦波形，所以称这种结构的绕组为正弦绕组。

采用正弦绕组后，电动机的主绕组和副绕组所占定子槽数就不再是 2∶1 的关系，而是接近相等。嵌线时，将主绕组和副绕组的导体按不同的数量分布在定子各槽，如图 4-4 所示。

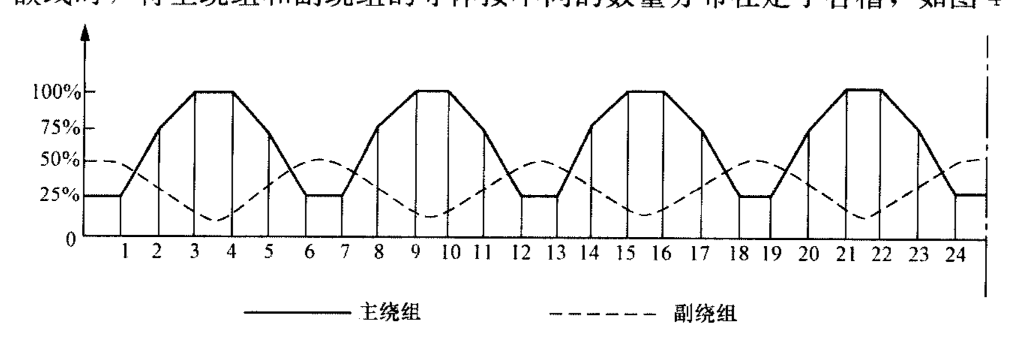


图 4-4　24 槽 4 极正弦绕组各槽导线分布图

图中绘出了以百分数（将主绕组槽内导线匝数最多作为 100%）表示的各槽导体分布情况。同一槽内嵌有主、副绕组的两个线圈边，主绕组线圈边放置在槽的下面，副绕组的线圈边放置在槽的上面，上、下层之间垫入层间绝缘，这一点又与双层绕组相似。24 槽 4 极单相电动机的正弦绕组展开图如图 4-5 所示。

正弦绕组的主要优点是显著地消除高次谐波，降低杂散损耗和电磁噪声，提高效率，改善起动性能，从而使电动机具有良好的运行特性。其缺点是各线圈的匝数不同，使线圈绕制工

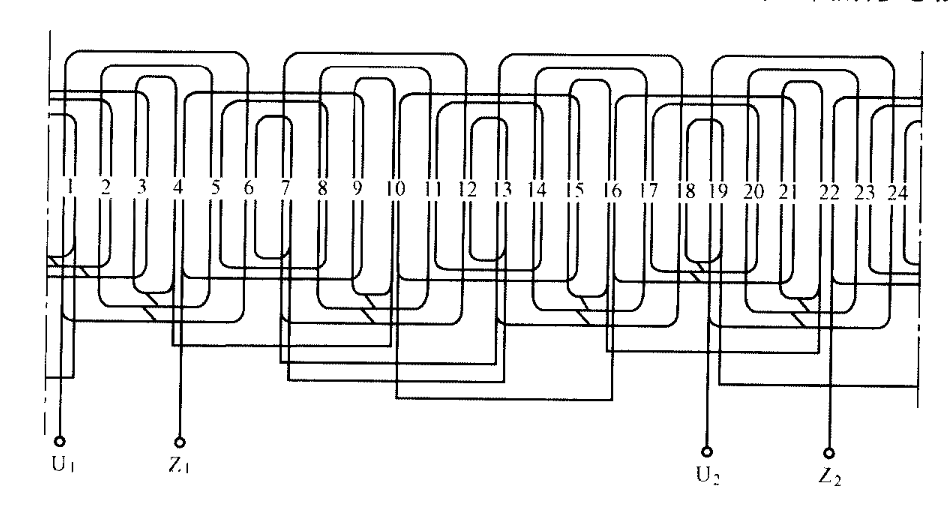


图 4-5　24 槽 4 极正弦绕组展开图

艺复杂化，有些槽的槽满率较低，降低了铁心的有效利用率。

三、罩极式电动机绕组

对凸极罩极式电动机，主绕组是集中绕组，套在定子磁极上；副绕组是一个短路铜环，套在磁极极靴的一部分上。对隐极单相罩极式电动机，其主、副绕组都是分布绕组，分别嵌放在定子铁心的槽内。为保证电动机性能良好，应使主、副绕组的轴线在空间相隔 40°～60°电角度。主绕组与副绕组分别串联成独立的回路，且副绕组串联后自行短路，称为罩极线圈。罩极绕组的极性与主绕组相同，同样是相间地出现 N 极和 S 极。2 极 18 槽罩极式隐极电动机。主、副绕组的展开图如图 4-6 所示。

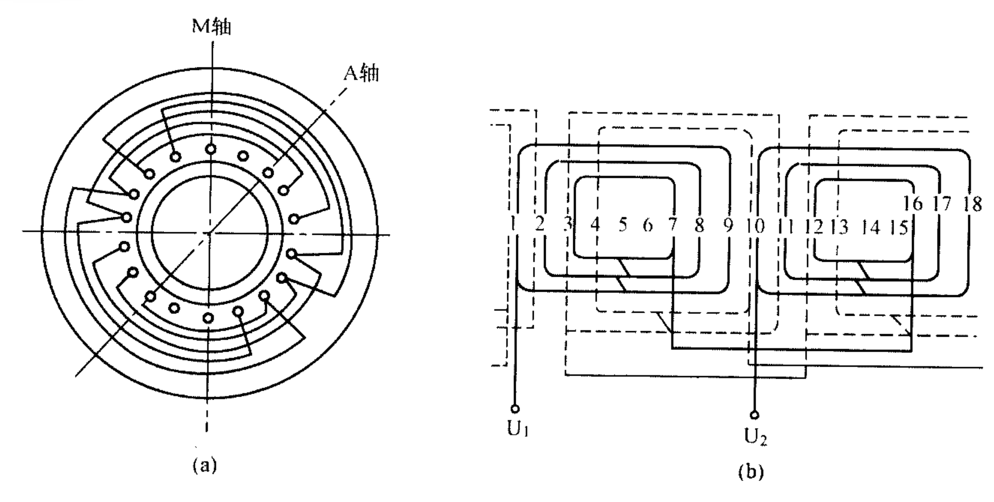


图 4-6　罩极式隐极绕组展开图

(a) 绕组端部；(b) 绕组展开图

为了改善电动机的起动性能和运行特性，隐极罩极式电动机的主绕组也可按正弦规律分配在各槽中，罩极绕组导体可以集中放在两个槽内，也可以分散地放在较多的槽内。

第二节　单相异步电动机绕组重绕工艺

单相异步电动机绕组重绕方法与三相异步电动机基本相同，但因其容量小，绕组形式有一定的差异，本节只讨论两者的不同之处。

一、记录数据

单相电机各槽导线数及线径不一定相同，各线圈的节距也不尽相同，因此在拆除旧绕组时一定要完全记录下各个线圈匝数、线径和节距，以免因数据不全使修理工作发生困难。具体记录项目如下。

（1）电动机铭牌数据（见表 2-1）。

（2）绕组数据。绕组数据包括绕组形式、节距、每个线圈的匝数和尺寸、接线方法、主绕组和副绕组位置（相距槽数）、绕线方法（模绕或束绕）等。将以上数据填入记录表中，见表 4-1。

表 4-1　　单相异步电动机修理记录单

铭牌数据：

型号________功率________频率________编号

电压________电流________温升________

转速________电容________制造厂________制造日期________

绕组名称	线径	支路数	节距	匝数
主绕组				
副绕组				

槽序号 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14…20…36

将绕组形式、节距、各线圈匝数、主绕组和副绕组槽距填入绕组简便记录图。JY9A-4、180W 单相电动机简便记录图如图 4-7 所示。

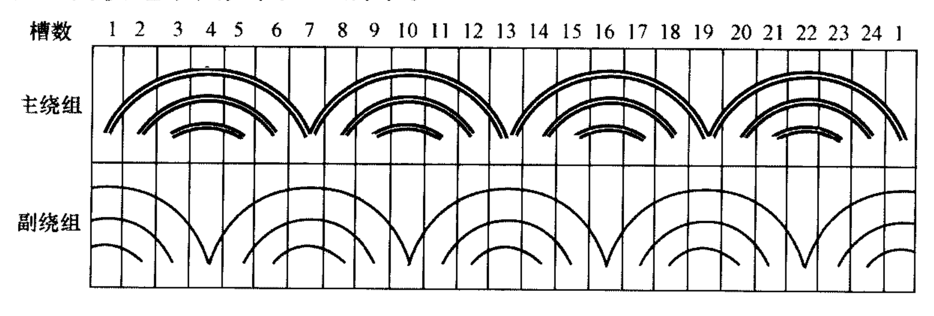


图 4-7　21 槽 4 极单相电动机记录图

二、重绕方法

单相电动机重绕方法有手绕、模绕和束绕三种，不论哪一种绕法，其旧绕组拆除和槽内绝缘放置均可参照三相异步电动机所述方法进行。

（一）手绕法

在修理条件较差或者局部绕组更换时可采用手绕法进行，不论副绕组或主绕组都可采用手

绕法。采用该方法时，放入槽内的导线都由人工一匝一匝地逐一放进去；先绕最里面的一圈，然后依次向外，直待整个一极所属线圈全部绕完为止，现以重绕一个 32 槽的定子为例，说明绕制的步骤。

（1）先把定子与线轴放在适当的位置，如图 4-8 所示。把线的一端放入置有绝缘的槽底，先将节距最小（1～4）最里面线圈绕足记录时的匝数。

（2）最里面的一个线圈绕完之后，便可顺着原来的方向开始绕第二个线圈，但它的节距应是 1～6，如图 4-9 所示。这样将第二个线圈顺着图中所示的方向和位置，一直到属于这一极的三个线圈都绕完为止，然后将导线留有一定的余量（足够极间接线就可以），把导线割断，继续绕另一极的线圈。

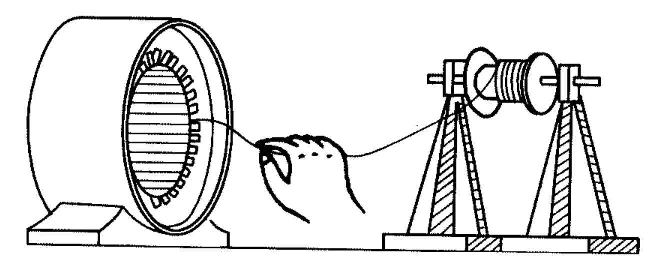


图 4-8　绕线时电动机定子及线轴的位置

另一种方法是在绕线圈之前，可将几根木棒（或表面光滑的金属棒）放在该极中间的空槽内，如图 4-10 所示，绕线时只要沿着木棒下面依次把导线放入槽内就可以防止线圈从槽内滑出来。

（3）整个一极线圈绕完后，插上槽楔，把木棒移去。如插入空槽内的是金属棒，拔出时应先在金属棒与线圈之间垫一层青壳纸，然后抽出金属棒，以防止金属棒抽出时划伤导线绝缘层。

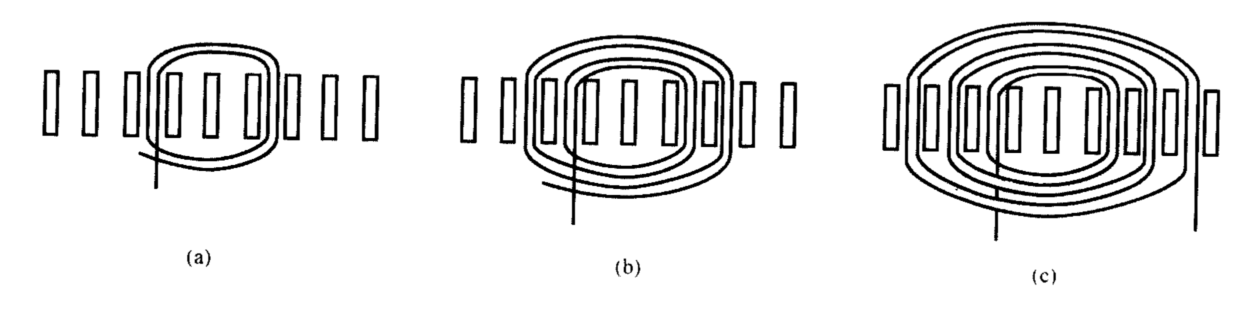


图 4-9　手绕线圈的步骤

（a）第一步；（b）第二步；（c）第三步

（4）其余各极（或副绕组）都可按照第一极的方法依次绕好。

（二）束绕法

束绕法主要用于同心绕组，对于部分正弦绕组式的副绕组也可以使用，这种方法的最大优点是嵌线迅速，缺点是耗铜量较大。

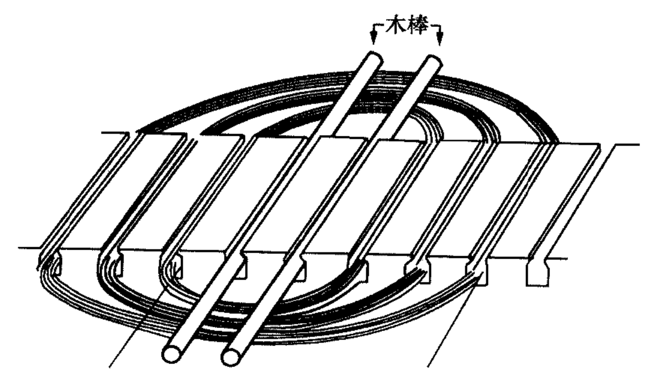


图 4-10　将木棒放入空槽中的手绕法

1. 同心绕组的束绕方法

用束绕法必须十分注意线圈的长度，过长造成包头（定子铁心外部分线圈端部称为包头）太大；短了会使最后一个线圈下不到槽里去，其方法如下。

（1）每束线圈的大小，可以根据在拆线圈时所记录的尺寸。由于束绕法绕成的电动机极易辨认，在拆卸绕组时，往往一个极里面的线圈可一次拆出来。绕线时可按原线圈

束绕制，如果线圈束的大小无法确定，则可按图 4-11（a）所示的方法，先拿一根粗一些的导线绕在槽内，要留出相当的空隙，以免线圈放入时太拥挤，然后将线的两端绞起来，从槽内取出。

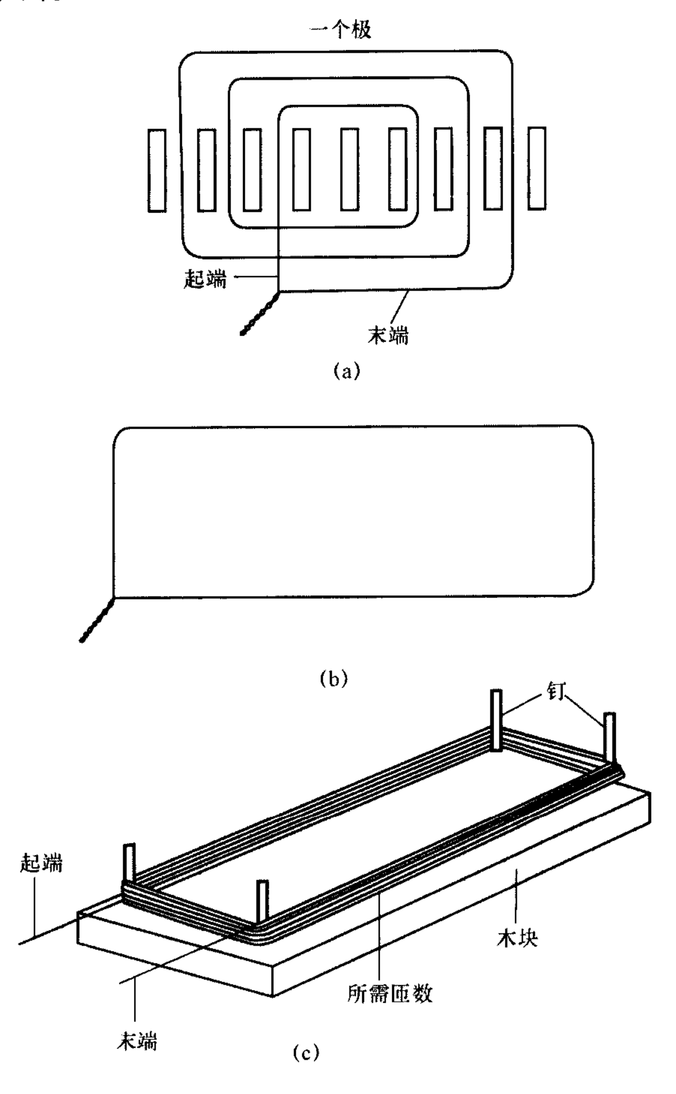


图 4-11 束绕线圈的制作步骤
（a）把一根导线绕在槽内；（b）将线放开使之成为一个长方形；（c）用钉子做成绕线框并绕好线圈

（2）把这根线拉长成一个长方形，如图 4-11（b）所示，然后用一木板按线图形状用 4 个钉子钉好。

（3）把每束线圈所需要的匝数逐一绕在钉上，如图 4-11（c）所示，最后留出两个线端以备接线之用。在未把线圈取下之前，可用棉纱绳在各个适当的部分扎几道，以防松散。

（4）将线圈从架上拿下来，把它嵌入节距最小的两个槽内，如图 4-12（a）所示。然后将线圈扭转，嵌入节距较大的相邻两个槽中，如图 4-12（b）所示。其余以次类推，待该极槽内全部嵌入线圈为止，如图 4-12（c）所示。

2. 正弦绕组的束绕法

正弦绕组因其各槽匝数不相等，较难采用束绕法进行重绕，但是有些型号的单相电动机的正弦绕组，也可用束绕法进行重绕或局部修理。现以 JY09A-4 型 180W 的电容起动单相异步电动机的副绕组为例，说明正弦绕组的束绕法。

该电机的副绕组每极三只线圈，最里边的线圈 27 匝，节距 1～3 槽；中间的线圈 48 匝，节距 1～5 槽；最外面的线圈 27 匝，节距 1～7 槽。

重绕时，将线圈束绕成 25 匝，先把其嵌入节距最小的两个槽内，然后在节距 1～5 槽的中间线圈的槽内，连嵌两次，最后嵌最外面两槽的线圈，如图 4-13 所示。

这样的重绕方法，各线圈虽有些小的变动，但总匝数只比原线圈少 2 匝，基本不影响电动机的性能。

3. 模绕法

不论是同心绕组或正弦绕组的模绕方法，必须先按铁心的形状做好线模。其形状和尺寸应注意：最小线圈的直线部分两端伸出铁心的长度应大于 6mm，最大线圈的端部不应与端盖相碰擦。由于单相电动机的线圈尺寸较小，每线圈的线模可做成整块的，将模心做成一定的斜度，以便于取下线圈。线模心的厚度一般可做成铁心槽深的 3/4，如图 4-14 所示。模绕线圈的嵌线与三相异步电动机相同。

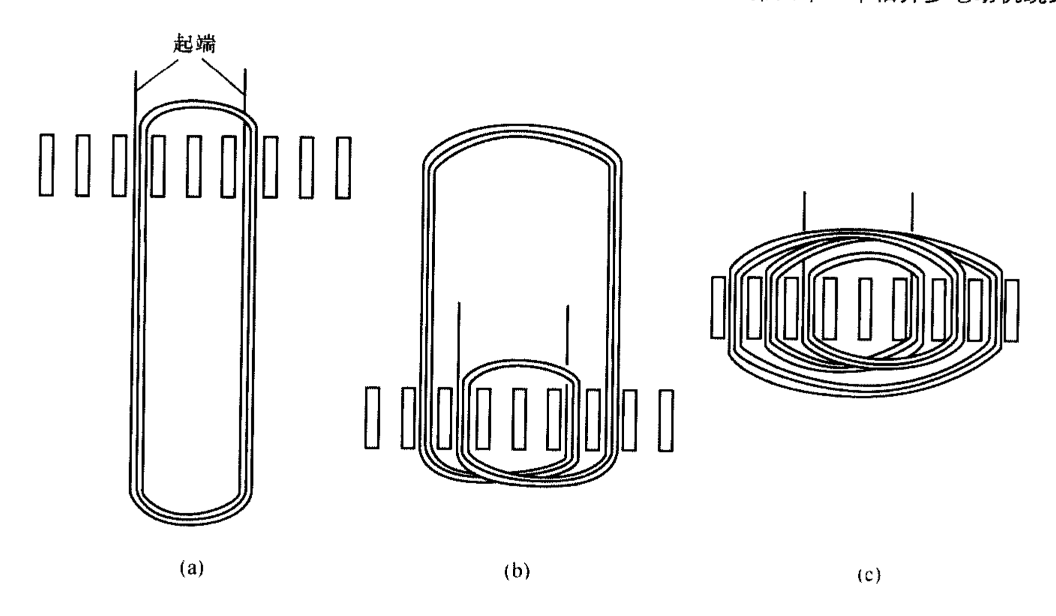


图 4-12　束绕法的步骤

(a) 第一步；(b) 第二步；(c) 第三步

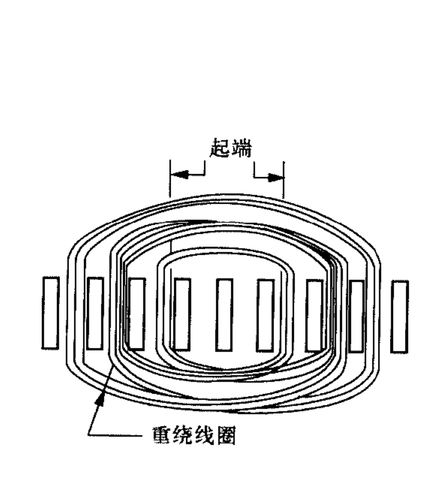


图 4-13　正弦绕组的束绕法

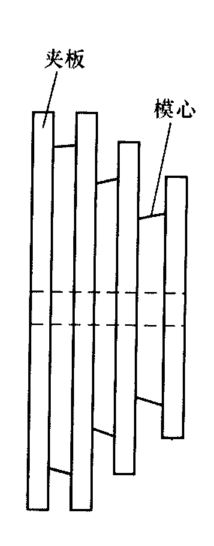


图 4-14　正弦绕组线模

三、绕组接线

1. 主绕组的接法

电动机各极的绕组都绕好以后，便可进行接线，接线时不论它的极数是多少，基本上相邻两极的极性是相反的。因此，接线的时候要设法让通入第一个极的电流按顺时针方向流，而第二个极应变换为逆时针方向，如图 4-15 所示。

现以 4 极电动机主绕组为例说明绕组的串联接法。将第一极绕组的末端与第二个相邻极的末端相互连接，然后将第二极绕组的起端与第三极的起端连接起来，以次类推。最后把第一极和第四极的起端接电源，如图 4-16 所示。

2. 副绕组的接法

副绕组的接法与主绕组的接法基本相同，不同的是副绕组回路中要串联一个离心开关，如图 4-17 所示。

图 4-17 中每一方块代表一个极相组，图 4-17（a）和

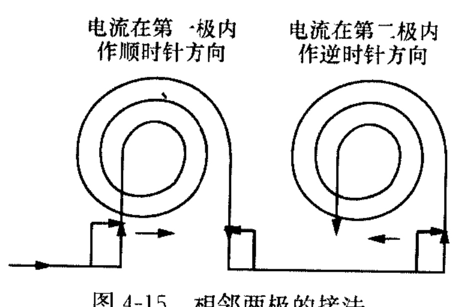


图 4-15　相邻两极的接法

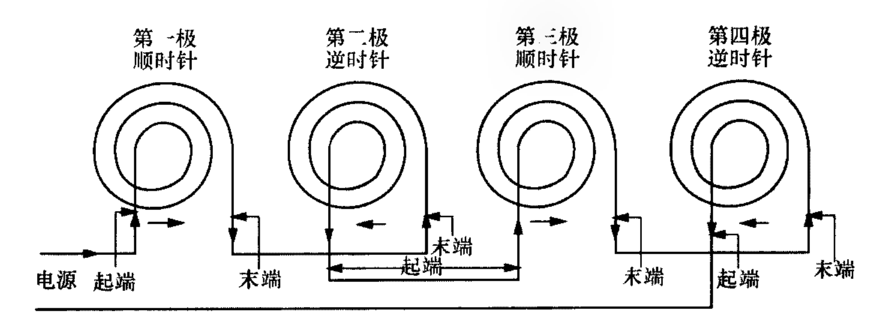


图 4-16 主绕组（或副绕组）的接线方法

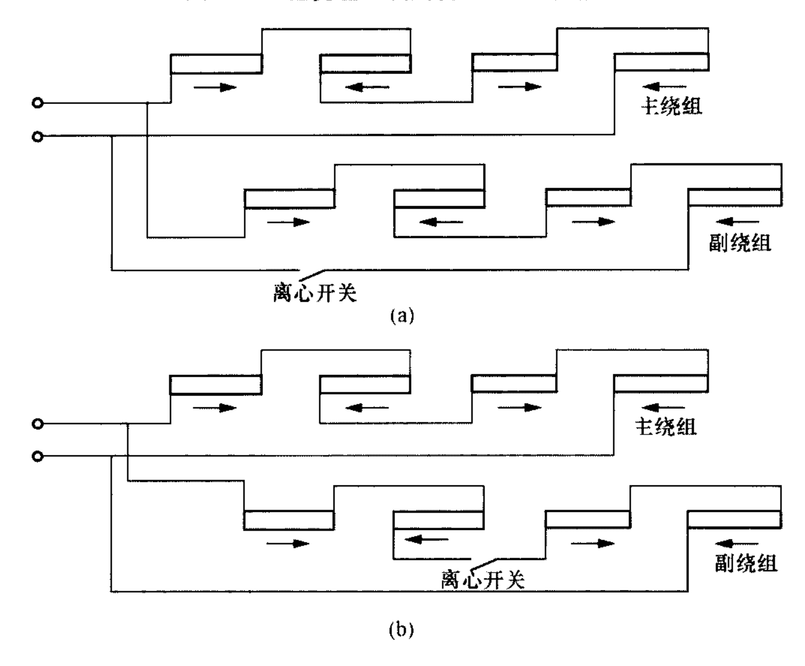


图 4-17 主、副绕组及离心开关接线图

(a) 离心开关接在电源端；(b) 离心开关接在绕组中间

图4-17（b)表示出了离心开关串联的位置。电容起动电动机的接线方法与上述接法相同，只不过是在副绕组中再串联一个电容器，如图 4-18 所示。

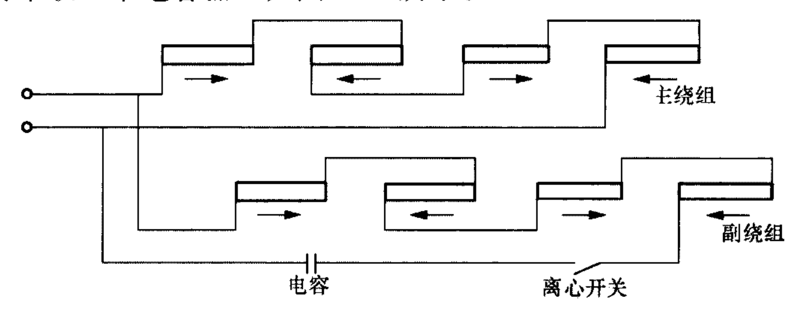


图 4-18 4 极电容起动电动机接线图

3. 抽头调速电动机的接线

抽头调速电动机的原理接线及绕组展开图如图 4-19 所示，该电机定子槽数 16，4 极，节距 1～4，为 L-2 型接法。

主绕组、副绕组和中间绕组的极间接线方法同电阻、电容起动电动机，只是中间绕组的第二组绕组和第四组绕组的中间留有一个抽头 2，第四绕组起端与副绕组的起端相连并留有一个抽头 3，具体接法如图 4-19（b）所示。

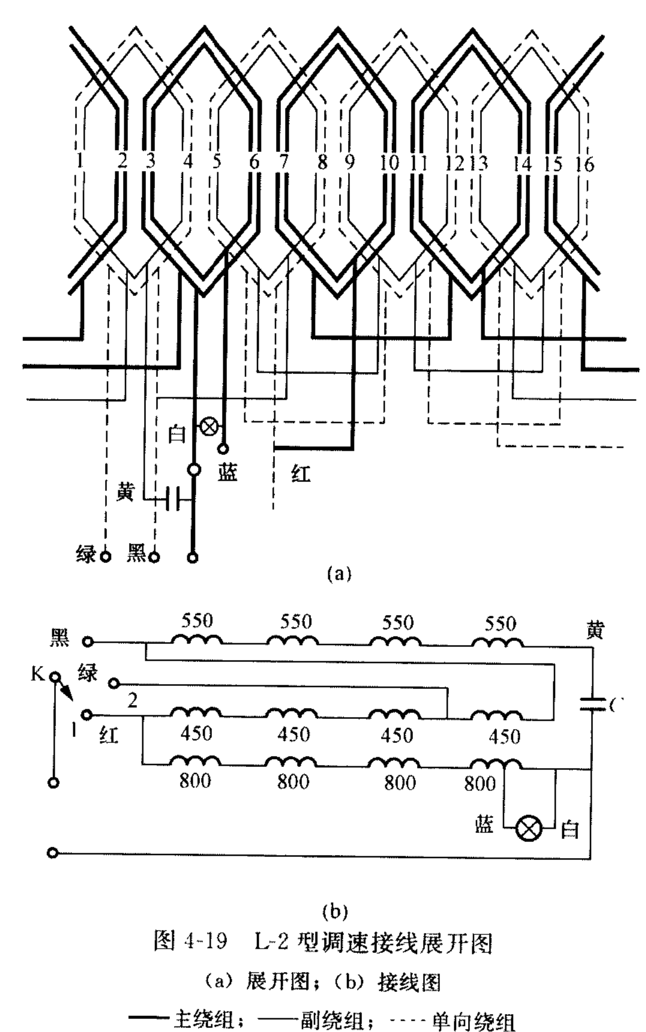


图 4-19　L-2 型调速接线展开图

(a) 展开图；(b) 接线图

——主绕组；——副绕组；----单向绕组

L-1 型、T 型调速方法的绕组接线可参照 L-2 型的接线方法进行，修理中应注意在拆除旧绕组时，记住中间绕组的抽头位置以及电动机属于哪一种调理方法。

第三节　空 壳 重 绕 计 算

单相异步电动机的定子绕组和三相异步电动机类似，在修理过程中，如果遇到无法查考的空壳电动机需要重绕时，采用计算的方法确定绕组数据比较烦琐，要达到准确的绕组数据是比较困难的，一般多采取比较简单的计算方法。单相电动机多数为专用电动机，如风扇、洗衣机、罩极电机等，其外形特征比较明显，容易确定该电动机的原来用途，然后查阅有关资料。如发现同样铁心尺寸的电动机数据，又符合修理电动机的用途，可直接运用资料中的数据进行绕制。

如果只能找到与铁心尺寸接近的电动机数据，则可通过简单的计算，对该数据进行核对，当所计算的各个参数与资料中的数据接近时，可按计算数据进行重绕。

一、测量电动机铁心的各部分尺寸

方法见第二章第一节的内容。

二、计算方法

1. 确定电压和转速

单相异步电动机的电源一般是 220V，计算极数（取整数）确定转速，见式（2-11）。目前

小型单相异步电动机多采用通用冲片，所以算出的数值还要结合用途一起考虑，最后确定极数。

2. 极距

$$r = \frac{\pi D_{i1}}{2P}(\mathrm{cm}) \tag{4-1}$$

3. 每极磁通

$$\Phi = \alpha_\delta \tau L k B_\delta (\mathrm{Wb}) \tag{4-2}$$

式中 α_δ——极弧系数，即空气隙磁通密度的平均值与最大值之比，通常取 0.6～0.73 之间。

B_δ——气隙磁密，可按表 4-2 选取。

表 4-2　　电磁部分的计算参数

名　　称	选　用　范　围	名　　称	选　用　范　围
气隙磁密 B_δ（T）	0.04～0.65	主绕组电流密度 j_m（A/mm²）	3～8
定子齿磁密 B_z（T）	1.30～1.6	副绕组电流密度 j_a（A/mm²）	30～50
定子轭磁密度 B_a（T）	0.10～1.55	电容运转副绕组电流密度 j_a（A/mm²）	5～10

4. 轭部磁通密度

在轭部磁通密度参见式（2-25）。如算出的 B_a 值和表 4-2 中的数值不相符合，可重选 B_δ 再算。

5. 齿部磁通密度

$$B_z = \frac{\Phi}{\frac{Z_1}{2p}a_\delta b_x I k}(\mathrm{T}) \tag{4-3}$$

算出的 B_z 应在表 4-2 的范围内，如太大，重选 B_δ 再算。

6. 主绕组的有效匝数

$$W'_m = \frac{k_i U \times 10^6}{2.22\Phi k_\Phi} \tag{4-4}$$

式中 k_i——电势系数，一般取 0.9 左右；

k_Φ——波形系数，一般取 1.09；

Φ——每极磁通，Wb。

选定绕组形式，并按表 4-3 查出绕组基波系数，算出总的实际匝数

表 4-3　　正弦绕组的匝数分布及绕组系数

每极槽数 q	不同跨槽数的各线圈匝数所占百分率（%） 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	基波绕组系数 k_{dp1}	谐波强度 f_v f_1	f_3	f_5	f_7
4		58.6		41.4															0.828	1	0	0	0.143
6	13.5	26.8	36.5	46.4	50.0	26.8													0.776 0.804	1 1	0 0	0 0	0 0
8	15.3	23.5	28.0	35.1	36.8	41.4	19.9												0.795 0.829	1 1	0 0.016	0 −0.017	0 0.014
9	12.1	18.5	2.27	28.3	30.6	34.7	34.6	18.5											0.793 0.821	1 1	0 0.013	0 −0.012	0 0.011
12	3.4	6.8	10.0 10.3	13.2 14.1	15.9 16.5	18.6 20.0	20.7 21.4	22.8 24.5	24.1 25.0	25.4 27.3	25.9 26.8	13.2 14.1							0.783 0.789 0.806 0.829	1 1 1 1	0 0 0.006 0.021	0 0 −0.005 −0.017	0 0 0.005 0.012
16			5.8	7.9	9.4 10.0	11.3 12.4	12.7 13.4	14.4 15.7	15.4 16.4	17.2 18.5	17.6 18.7	18.9 20.5	19.2 20.4	20.0 21.8	19.9 21.1	10.3 11.1			0.798 0.812 0.829 0.848	1 1 1 1	0.003 0.009 0.022 0.040	−0.002 −0.008 −0.017 −0.027	0.002 0.007 0.012 0.013

续表

每极槽数 q	不同跨槽数的各线圈匝数所占百分率（%）																		基波绕组系数 k_{dp1}	谐波强度 f_v			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		f_1	f_3	f_5	f_7
					7.5		10.2		12.5		14.5				17.1		17.6		0.795	1	0.001	−0.002	0.002
			4.6										16.0										
18						9.0		11.6		13.8		15.7		17.0		17.8		9.0	0.806	1	0.006	−0.006	0.005
				6.1																			
					7.8		10.6		13.2		15.2		16.8		17.9		18.5		0.821	1	0.016	−0.013	0.010
						9.6		12.6		14.7		16.7		18.1		18.9		9.6	0.837	1	0.029	−0.022	0.012

$$W_m = \frac{W'_m}{k_{dp1}}(匝) \tag{4-5}$$

式中　k_{dp1}——基波系数，见表 4-3。

按表 4-3 中各槽绕组的百分比算出各槽导体数，从而可以画出线圈图，如图 4-7 所示。

7. 副绕组匝数

副绕组串联匝数的选择很大程度上决定了单相电动机的起动性能，其计算比较复杂，一般可用下面的方法进行估算。

（1）对于采用正弦绕组的分相电动机（如 JZ、BO 等）

$$W_a = (0.5 \sim 0.6)W_m \tag{4-6}$$

（2）对于起动后切除副绕组的分相电动机和采用正弦绕组的电容分相电动机（如 JY、DO 型等）

$$W_a = (0.5 \sim 0.7)W_m \tag{4-7}$$

（3）对于采用正弦绕组的电容运转式电动机（如 JX、DO 型等）

$$W_a = (1 \sim 1.4)W_m \tag{4-8}$$

（4）对于采用同心绕组的分相电动机，副绕组只占定子槽数的 1/3，若无特殊要求则可取

$$W_a = W_m \tag{4-9}$$

重绕后的单相异步电动机，若起动性能达不到要求，可对副绕组的匝数进行适当的调整。

对分相电动机，起动转矩小，可适当减少副绕组的匝数；若起动电流过大则增大电阻或增加匝数。

对电容起动或电容运转电动机，起动转矩小，可先增加电容量。如达不到要求，可增加副绕组匝数。若起动电流过大，可先减少电容器的容量后增加匝数。若电容器的端电压过高，则应增加电容量或增加副绕组回路的电阻。

8. 槽的有效截面积

$$S_x = S_s - S_i(\mathrm{mm}) \tag{4-10}$$

式中　S_s——槽实际截面积，见式（2-29）；

　　S_i——槽绝缘占面积。

槽绝缘截面积可由式（4-11）、式（4-12）决定（以圆底槽为例）

单层绕组

$$S_i = c(2h'_s + \pi R_2 + b_{s1}) \tag{4-11}$$

双层绕组

$$S_i = c(2h'_s + \pi R_2 + 3R_2 + b_{s1}) \tag{4-12}$$

式中　c——绝缘厚度。

式（4-11）和式（4-12）中其他符号的意义如图 2-59（a）所示。

9. 定子电流

$$I_1 = \frac{P_2}{U\eta\cos\varphi}(\mathrm{A}) \tag{4-13}$$

式中　U——电源电压，取220V；

P_2——输出功率，一般根据所测量出的铁心尺寸，结合本章表格估算。

根据P_2的值，然后按照图4-20和图4-21找出$\eta\cos\varphi$的值。

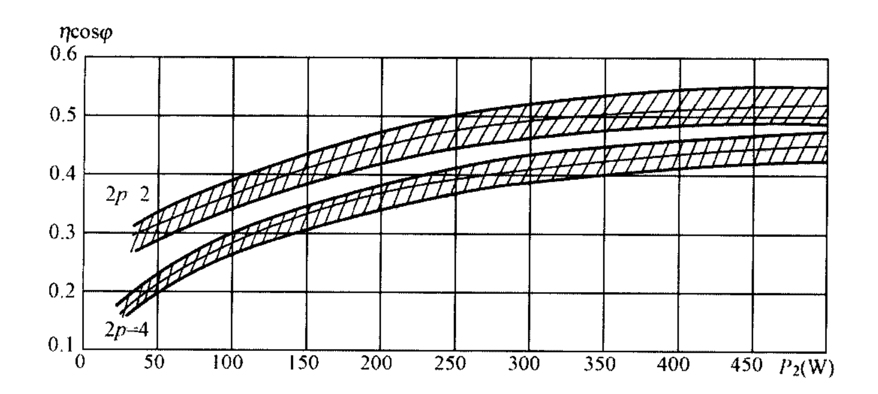


图4-20　带起动元件单相异步电动机效率曲线

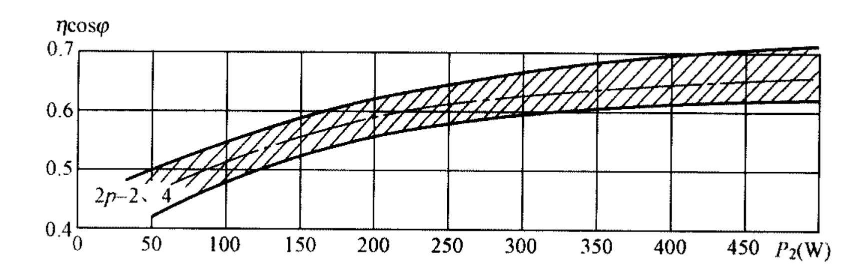


图4-21　单相电容运转电动机效率曲线

10. 主、副绕组电流

对于电容运转电动机其主、副绕组电流为

$$I_m = \frac{I_1}{\sqrt{1+1.4^2}} \tag{4-14}$$

$$I_a = \frac{1.4 I_1}{\sqrt{1+1.4^2}} \tag{4-15}$$

对于分相起动电动机，则主绕组电流就等于定子电流，即

$$I_m = I_1 (A) \tag{4-16}$$

11. 导线截面积

主绕组导线截面积

$$S_m = \frac{I_m}{j_m} (mm^2) \tag{4-17}$$

式中　j_m——主绕组电流密度。算出副绕组导线截面积

$$S_a = \frac{S_m}{1 \sim 1.4} (mm^2) \tag{4-18}$$

对于分相起动副绕组的导线截面积，由于该绕组短暂通电，可按起动电流来选择，但不得超出表4-2中的范围。

12. 槽满率

先算出定子槽内带绝缘导线截面积，见式（2-33）。根据计算结果和式（4-10），算出槽满率。对于正弦绕组，每槽导线数应依主绕组最多的线圈匝数计算，槽满率不得超过75%。

13. 电容器容量的选择

可按表 4-19～表 4-22 选择。

三、计算实例

有一台空壳无铭牌电动机，测得定子铁心内径 $D_{i1}=4.8$（cm），铁心长度 $L=4.8$（cm），定了槽数 $Z_1=24$，定子槽截面积 $S_s=45.3$（mm^2），定子齿宽 $b_x=0.23$（cm），定子轭高 $h_{a1}=0.951$（cm）。要重绕一台单相电容运转电动机，其计算顺序如下。

1. 确定电压和转速

电源电压取 220V，转速根据极数确定。

$$2p=(0.35\sim0.40)\frac{Z_1 b_x}{h_a}$$
$$=(0.35\sim0.40)\frac{24\times0.23}{0.951}$$
$$=2.03\sim2.32$$

取 $2p=2$，电动机同步转速为 $n_0=3000\text{r/min}$。

2. 极距

$$\tau=\frac{\pi D_{i1}}{2p}=\frac{3.14\times4.8}{2}=7.54\ (\text{cm})$$

3. 每极磁通

取 $a_\delta=0.7$，$k=0.94$，$B_\delta=0.5$（Wb/m^2）

$$\Phi=a_\delta\tau LkB_\delta=0.7\times7.34\times10^{-2}\times4.8\times10^{-2}\times0.94\times0.5$$
$$=11.59\times10^{-4}(\text{Wb})$$

4. 轭部磁通密度

$$B_a=\frac{\Phi}{0.9\times2h_a\times L}$$
$$=\frac{11.59\times10^{-4}}{0.9\times2\times0.951\times10^{-2}\times4.8\times10^{-2}}$$
$$=1.4100(\text{T})$$

在使用式（2-25）时，应注意使用单位。

5. 齿部磁通密度

$$B_z=\frac{\Phi}{\frac{Z_1}{2p}a_\delta b_x Ik}$$
$$=\frac{11.59\times10^{-4}}{12\times0.7\times0.23\times10^{-2}\times4.8\times10^{-2}\times0.94}$$
$$=1.33(\text{T})$$

6. 主绕组有效匝数

$$W'_m=\frac{k_i U\times10^2}{2.22\Phi k_\Phi}=\frac{0.9\times220\times10^2}{2.22\times11.59\times1.09}=706(\text{匝})$$

选定绕组形式，并按表 4-3 查出基波系数，算出总的实际匝数

$$W_m=\frac{W'_m}{k_{dp1}}=\frac{706}{0.783}=901$$

取 $W_m=900$（匝）

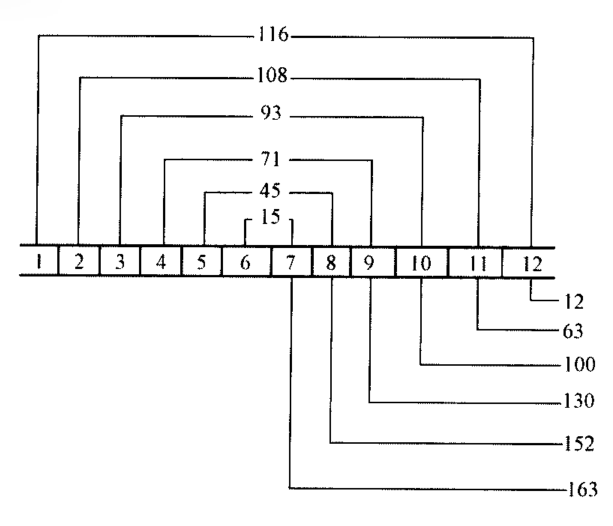


图 4-22 绕组排列

根据所选定绕组形式和表 4-3 中各槽绕组的百分比算出各槽的导线数，如图 4-22 所示。

7. 副绕组匝数

根据式（4-8）取 $1.4W_m$

$$W_a = 1.4W_m = 1.4 \times 900 = 1260(\text{匝})$$

8. 定子电流

根据定子尺寸，其功率接近 120W，根据图 4-21 查出，$\eta\cos\varphi$=0.05。

$$I_1 = \frac{P_2}{U\eta\cos\varphi}$$

$$= \frac{120}{220 \times 0.55} = 0.99(\text{A})$$

主绕组电流为

$$I_m = \frac{1.4I_1}{\sqrt{1+1.4^2}}$$

$$= \frac{1.4 \times 0.99}{\sqrt{1+1.4^2}} = 0.81(\text{A})$$

副绕组电流为

$$I_a = \frac{1.4 \times 0.99}{\sqrt{1+1.4^2}} = 0.81(\text{A})$$

9. 导线截面积（取 j_m=4.6A/mm²）

$$S_m = \frac{I_m}{j_m} = \frac{0.58}{4.6} = 0.126(\text{mm}^2)$$

导线直径为

$$d_m = \sqrt{\frac{4S_m}{\pi}} = 0.4(\text{mm}^2)$$

副绕组导线截面积和直径分别为

$$S_a = \frac{S_m}{1.4} = \frac{0.126}{1.4} = 0.09(\text{mm}^2)$$

$$d_a = \sqrt{\frac{4S_a}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.09}{3.14}} = 0.33(\text{mm})$$

带绝缘导线直径 d_m=0.47，d_a=0.38。

10. 计算槽满率

取线圈匝数最多的一槽（第 9 槽）

$$W_m + W_a = 201(\text{匝})$$

$$S_c = S_m W_m + S_a S_m$$

$$= 0.19 \times 71 + 0.13 \times 130 = 30.39(\text{mm}^2)$$

$$k = \frac{S_c}{S_s} = \frac{30.39}{45.3} = 0.67$$

考虑槽绝缘在内未超过 75%。

11. 电容器容量

查表 4-19～表 4-22，电容量可选 4μF。

第四节 单相异步电动机铁心、绕组技术数据及绕组排列

一、额定功率与机座代号的对应关系

额定功率与机座代号的对应关系见表 4-4。

二、JZ 及 JZ 新系列电动机铁心、绕组技术数据

JZ 系列单相电阻起动异步电动机铁心、绕组技术数据见表 4-5。

JZ 系列电动机绕组的排列方法见表 4-6。

JZ 新系列电动机的铁心、绕组技术数据见表 4-7。

JZ 新系列电动机绕组的排列方法见表 4-8。

表 4-4　额定功率与机座代号的对应关系

机座代号	铁心代号	BO 系列		CO 系列		DO 系列	
		$n_0=3000$ (r/min)	$n_0=1500$ (r/min)	$n_0=3000$ (r/min)	$n_0=1500$ (r/min)	$n_0=3000$ (r/min)	$n_0=1500$ (r/min)
		额定功率（W）		额定功率（W）		额定功率（W）	
45	1					15	8
	2					25	15
50	1					40	25
	2					60	40
56	1	60	40			90	60
	2	90	60			120	90
63	1	120	90			180	120
	2	180	120	180	120		180
	3	250	180	250	180		
71	1	370	250	370	250		
	2		370	550	370		
80	1			750	550		
	2				750		

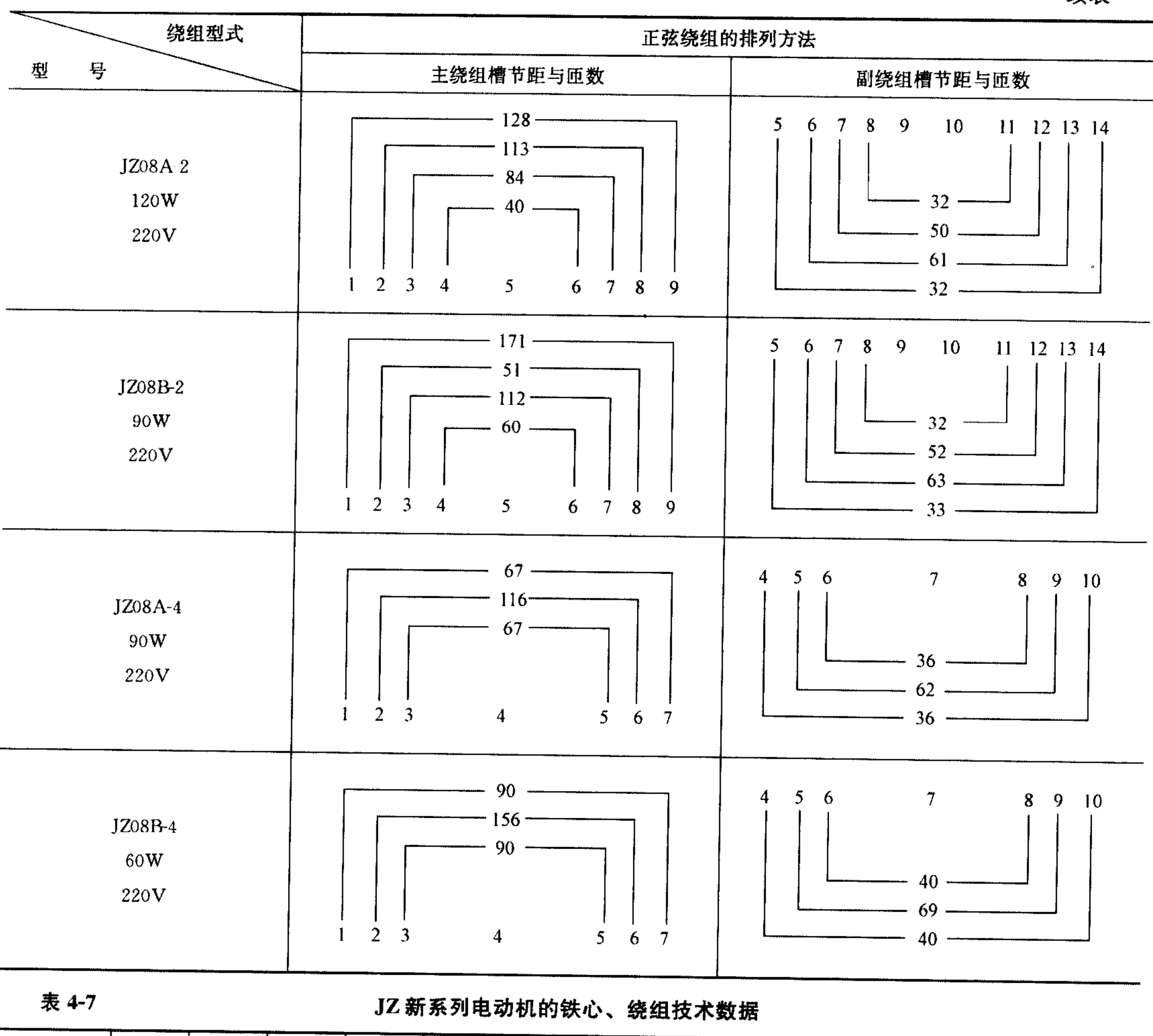
表 4-5　JZ 系列单相电阻起动异步电动机铁心、绕组技术数据

序号	电动机型号	容量 (W)	极数	电压 (V)	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	定子轭高 (mm)	轴径 (mm)	铁心长度 (mm)	定子槽数	转子槽数	气隙长度 (mm)	主绕组每极匝数	副绕组每极匝数	主绕组线规 (mm)	副绕组线规 (mm)	主绕组线重 (kg)	副绕组线重 (kg)	空载电流 (A)	满载电流 (A)
1	JZ1B-2	400	2	220	145	75	20.3	20	48	24	30	0.35	268	133	0.90	0.44	1.12	0.124	3.01	1.43
2	JZ1A-4	400	4	220	145	85	21.7	20	65	36	42	0.30	151	74	0.93	0.44	1.06	0.12	3.50	2.26
3	JZ1B-4	250	4	220	145	85	20	20	48	36	42	0.30	190	112	0.80	0.35	0.85	0.10	2.63	2.08
4	JZ09A-2	250	2	220	120	60	14.85	20	56	24	18	0.30	275	159.5	0.69	0.38	0.62	0.11	2.30	1.40
5	JZ09B-2	180	2	220	120	60	14.85	20	48	24	18	0.30	302	198	0.68	0.31	0.628	0.08	1.84	1.30
6	JZ09A-4	180	4	220	120	71	15.9	20	62	24	22	0.25	186	122	0.64	0.33	0.556	0.092	2.12	1.63
7	JZ09B-4	120	4	220	120	71	15.9	20	48	24	22	0.25	237.5	115	0.55	0.31	0.462	0.067	1.55	1.30
8	JZ08B-2	120	2	220	102	52	11.14	14	60	18	15	0.30	370	175	0.59	0.33	0.57	0.082	1.20	0.785
9	JZ08B-2	90	2	220	102	52	11.14	14	46	18	15	0.30	494	181.5	0.53	0.35	0.558	0.086	0.93	0.555
10	JZ08A-4	90	4	220	102	58	10.45	14	60	24	22	0.25	250	134	0.51	0.27	0.428	0.061	1.25	1.05
11	JZ08B-4	60	4	220	102	58	10.45	14	46	24	22	0.25	336	2149	0.44	0.21	0.376	0.059	1.19	0.75

表 4-6　　　　**JZ 系列电动机绕组的排列方法**

绕组型式 / 型号	正弦绕组的排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	副绕组槽节距与匝数
JZ1B-2 400W 220V	槽号 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1—12: 72 2—11: 67 3—10: 57 4—9: 44 5—8: 28	槽号 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 11—14: 14 10—15: 22 9—16: 29 8—17: 32 7—18: 36
JZ1A-4 400W 220V	槽号 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1—9: 53 2—8: 47 3—7: 35 4—6: 16	槽号 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 7—12: 25 6—13: 32 5—14: 17
JZ1B-4 250W 220V	槽号 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1—9: 66 2—8: 58 3—7: 42 4—6: 24	槽号 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 7—12: 39 6—13: 48 5—14: 25
JZ09A-2 250W 220V	槽号 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1—12: 74 2—11: 69 3—10: 59 4—9: 45 5—8: 28	槽号 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 11—14: 16 10—15: 26 9—16: 34 8—17: 40 7—18: 43
JZ09B-2 180W 220V	槽号 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1—12: 82 2—11: 76 3—10: 64 4—9: 50 5—8: 30	槽号 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 11—14: 20 10—15: 33 9—16: 42 8—17: 50 7—18: 53
JZ09A-4 180W 220V	槽号 1 2 3 4 5 6 7 1—7: 50 2—6: 86 3—5: 50	槽号 4 5 6 7 8 9 10 6—8: 33 5—9: 56 4—10: 33
JZ09B-4 120W 220V	槽号 1 2 3 4 5 6 7 1—7: 63 2—6: 111 3—5: 63	槽号 4 5 6 7 8 9 10 6—8: 31 5—9: 53 4—10: 31

续表



型号 \ 绕组型式	正弦绕组的排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	副绕组槽节距与匝数
JZ08A 2 120W 220V	128 113 84 40 1 2 3 4 5 6 7 8 9	5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 32 50 61 32
JZ08B-2 90W 220V	171 51 112 60 1 2 3 4 5 6 7 8 9	5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 32 52 63 33
JZ08A-4 90W 220V	67 116 67 1 2 3 4 5 6 7	4 5 6 7 8 9 10 36 62 36
JZ08B-4 60W 220V	90 156 90 1 2 3 4 5 6 7	4 5 6 7 8 9 10 40 69 40

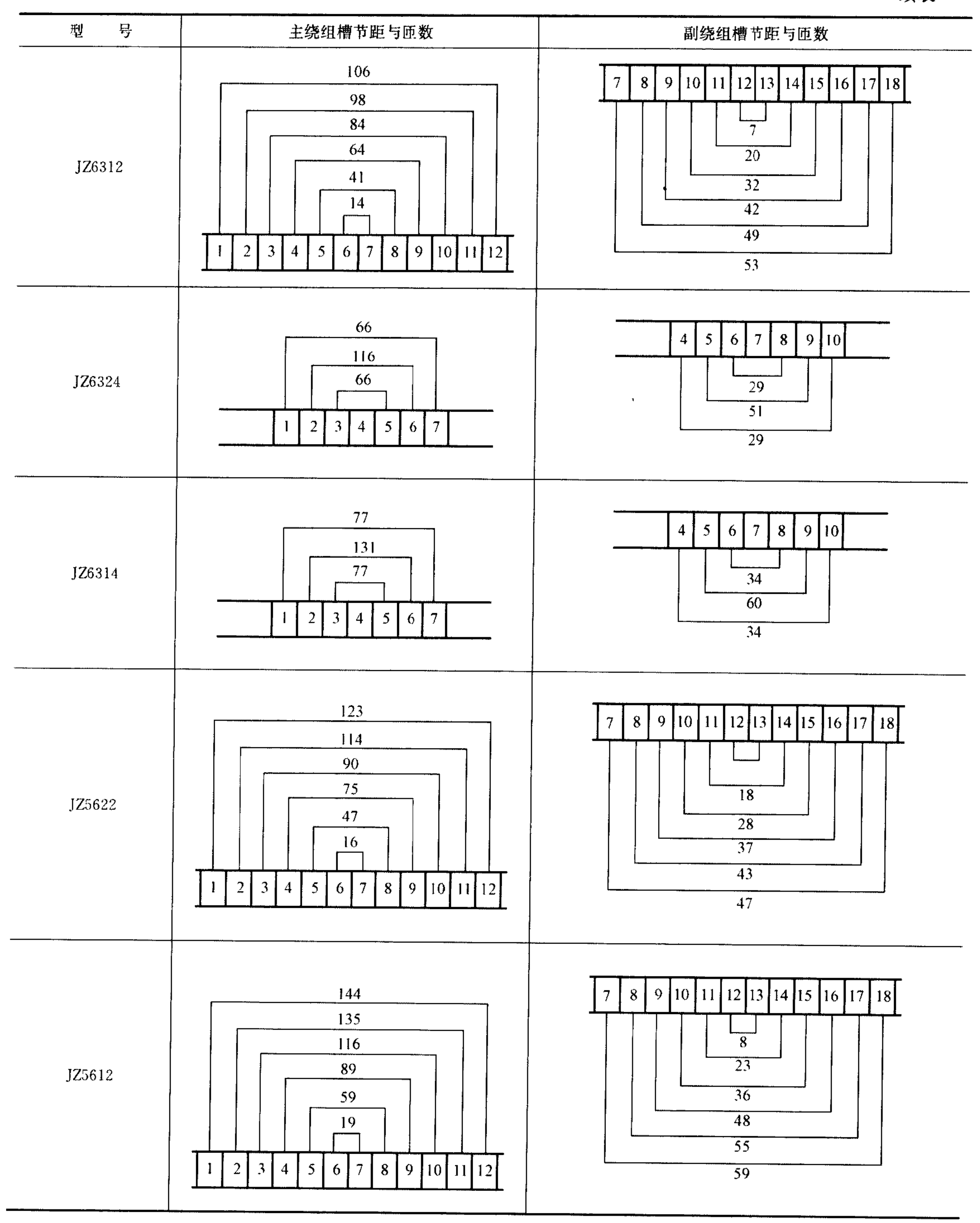
表 4-7　JZ 新系列电动机的铁心、绕组技术数据

型　号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁心长度 (mm)	转子外径 (mm)	气隙长度 (mm)	定子槽数	转子槽数	主相导线线径 (mm)	辅相导线线径 (mm)
JZ7122	370	220	4	2	120	62	62	61.5	0.25	24	18	0.72	0.44
JZ7112	250	220	3	2	120	62	48	61.5	0.25	24	18	0.62	0.38
JZ7134	370	220	4.5	4	120	71	80	70.6	0.2	24	22	0.83	0.44
JZ7124	250	220	3.5	4	120	71	62	70.6	0.2	24	22	0.72	0.41
JZ7114	180	220	2.5	4	120	71	48	70.6	0.2	24	22	0.64	0.38
JZ6322	180	220	2	2	102	52	56	51.5	0.25	24	18	0.59	0.38
JZ6312	120	220	2	2	102	52	48	51.5	0.25	24	18	0.53	0.35
JZ6324	120	220	2	4	102	58	56	57.6	0.2	24	22	0.57	0.33
JZ6314	90	220	2	4	102	58	48	57.6	0.2	24	22	0.53	0.31
JZ5622	90	220	1.2	2	90	48	48	47.5	0.25	24	18	0.47	0.35
JZ5612	60	220	1	2	90	48	40	47.5	0.25	24	18	0.41	0.31
JZ5624	60	220	1.5	4	90	52	48	51.6	0.2	24	22	0.41	0.29
JZ5614	40	220	1	4	90	52	40	51.6	0.2	24	22	0.38	0.27

表 4-8　　JZ 新系列电动机绕组的排列方法

型　　号	主绕组槽节距与匝数	副绕组槽节距与匝数
JZ7122	55 51 44 34 21 7 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 4 12 20 26 30 32
JZ7112	68 63 54 41 25 8 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 5 16 25 33 39 41
JZ7134	34 58 34 1 2 3 4 5 6 7	4 5 6 7 8 9 10 19 33 19
JZ7124	44 77 44 1 2 3 4 5 6 7	4 5 6 7 8 9 10 25 45 25
JZ7114	56 97 56 1 2 3 4 5 6 7	4 5 6 7 8 9 10 24 41 24
JZ6322	91 85 73 56 35 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 6 17 28 36 42 45

续表



三、JY 及 JY 新系列电动机铁心、绕组技术数据及绕组排列

JY 系列电容起动异步电动机铁心、绕组技术数据见表 4-9。

JY 系列电动机绕组的排列方法见表 4-10。

JY 新系列电动机铁心、绕组技术数据见表 4-11。

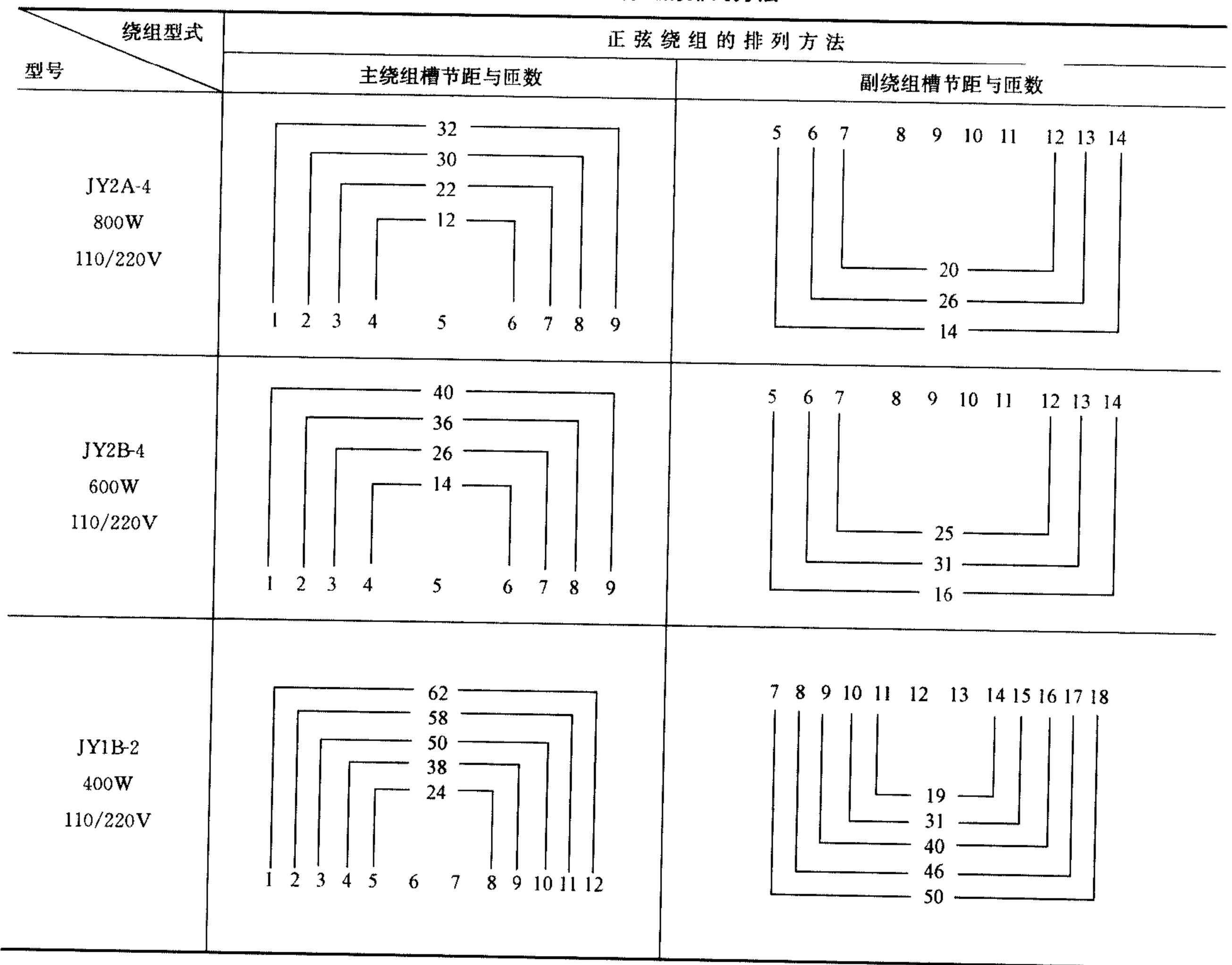
JY 新系列电动机绕组排列方法见表 4-12。

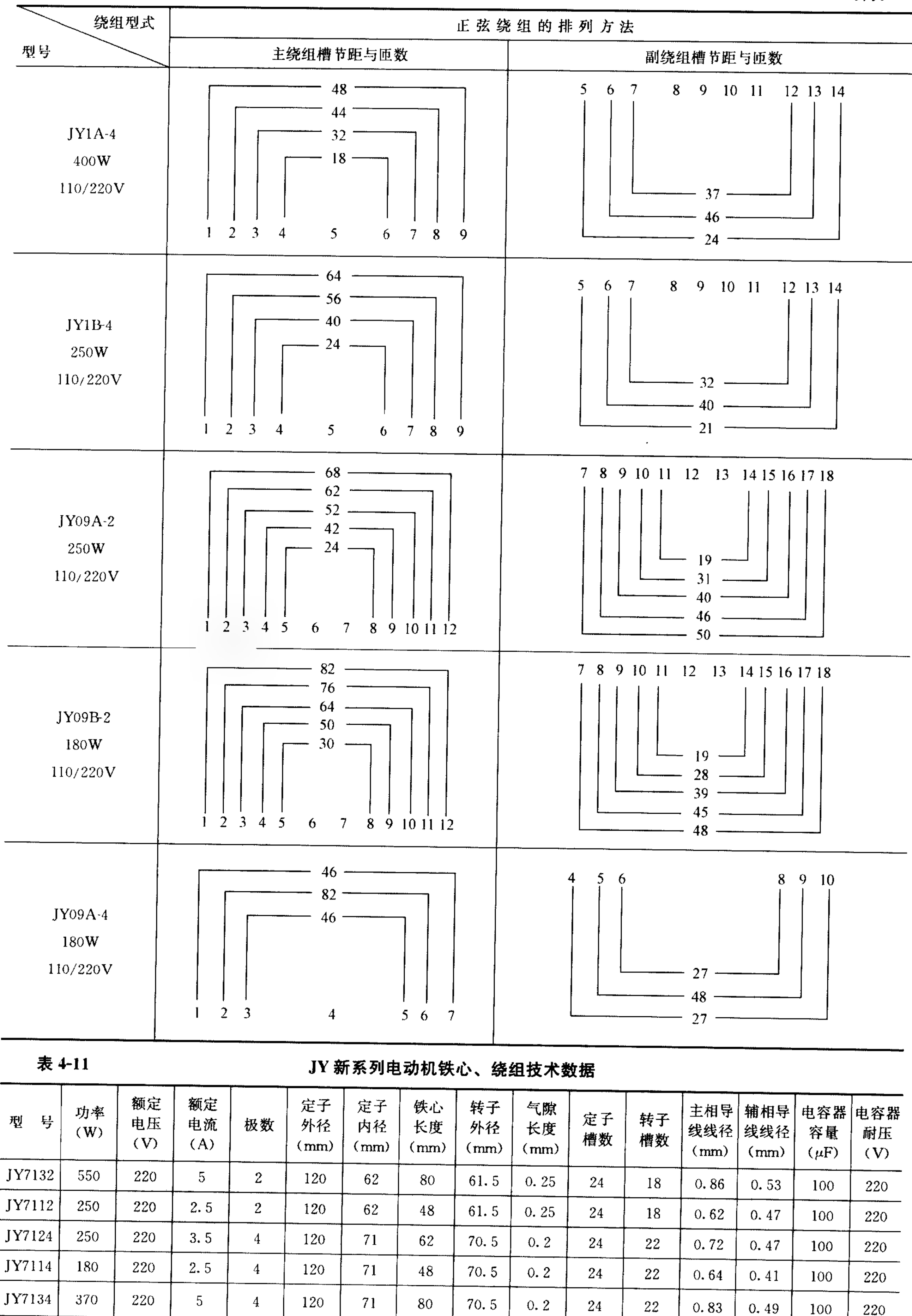
表 4-9　　JY 系列电容起动异步电动机铁心、绕组技术数据

序号	电动机型号	容量(W)	极数	电压①(V)	定子外径(mm)	定子内径(mm)	定子轭高(mm)	轴径(mm)	铁心长度(mm)	定子槽数	转子槽数	气隙长度(mm)	主绕组每极匝数	副绕组每极匝数	主绕组线规(mm)	副绕组线规(mm)	主绕组线重(kg)	副绕组线重(kg)	电容器电容量(μF)	电容器电压(V)	空载电流(A)	满载电流(A)
1	JY2A-4	800	4	110 220	160	95	13.5	22	88	36	42	0.315 0.325	91	60	1.25	0.90	1.48	0.492	400	122	4.65 4.35	6.85 6.70
2	JY2B-4	600	4	110 220	160	95	13.5	22	78	36	42	0.3	116	72	1.08	0.86	1.27	0.50	400	100	3.72 3.84	4.87 4.88
3	JY1B-2	400	2	110 220	145	75	19.4	20	48	24	30	0.35	104	93	0.93	0.90	1.04	0.72	200	115	2.02 2.38	3.32 3.42
4	JY1A-4	400	4	110 220	145	85	12	20	65	36	42	0.3	150	102.5	0.93	0.64	1.04	0.348	220	110	2.35 2.60	3.64 3.69
5	JY1B-4	250	4	110 220	145	85	12	20	48	36	42	0.3	184	93	0.8	0.8	0.825	0.335	200	114	2.45 2.40	2.90 2.80
6	JY09A-2	250	2	110 220	120	60	16	20	56	24	18	0.3	248	186	0.69	0.69	0.65	0.392	150	110	1.65 1.70	2.40
7	JY09B-2	180	2	110 220	120	60	16	20	48	24	18	0.3	302	179	0.68	0.64	0.625	0.308	150	107	1.30 1.36	1.80 1.82
8	JY09A-4	180	4	110 220	120	71	14	20	62	24	22	0.25	174	102	0.64	0.59	0.52	0.246	150	105	2.0 2.2	2.25 2.50

① 电压 110V/220V 是由电动机的出线改接而得到的两种电压值。

表 4-10　　JY 系列电动机绕组的排列方法





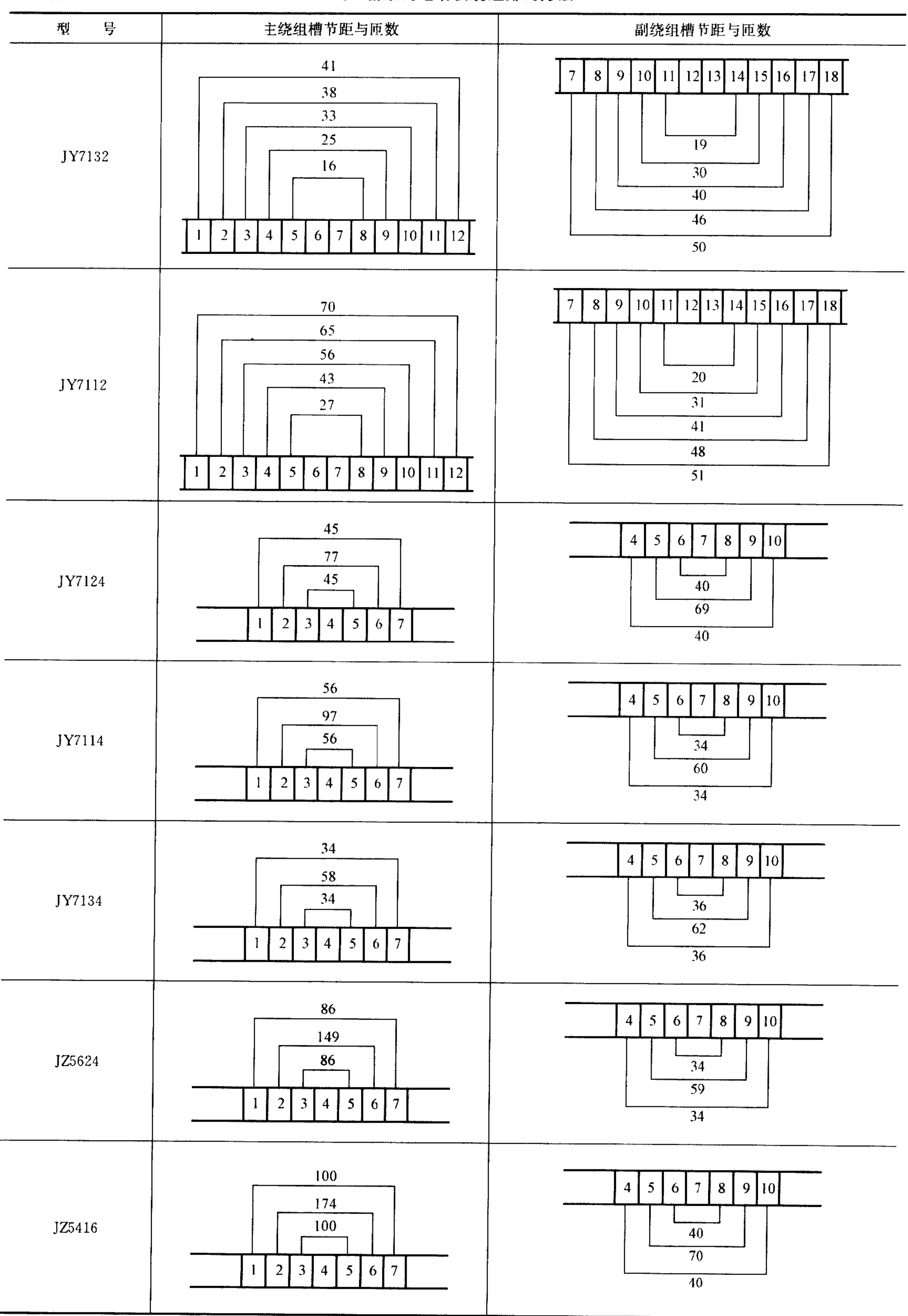
续表

绕组型式 / 型号	正弦绕组的排列方法：主绕组槽节距与匝数	正弦绕组的排列方法：副绕组槽节距与匝数
JY1A-4 400W 110/220V	1 2 3 4 5 6 7 8 9 48 44 32 18	5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 37 46 24
JY1B-4 250W 110/220V	1 2 3 4 5 6 7 8 9 64 56 40 24	5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 32 40 21
JY09A-2 250W 110/220V	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 68 62 52 42 24	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 31 40 46 50
JY09B-2 180W 110/220V	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 82 76 64 50 30	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 28 39 45 48
JY09A-4 180W 110/220V	1 2 3 4 5 6 7 46 82 46	4 5 6 8 9 10 27 48 27

表 4-11　　JY 新系列电动机铁心、绕组技术数据

型　号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁心长度 (mm)	转子外径 (mm)	气隙长度 (mm)	定子槽数	转子槽数	主相导线线径 (mm)	辅相导线线径 (mm)	电容器容量 (μF)	电容器耐压 (V)
JY7132	550	220	5	2	120	62	80	61.5	0.25	24	18	0.86	0.53	100	220
JY7112	250	220	2.5	2	120	62	48	61.5	0.25	24	18	0.62	0.47	100	220
JY7124	250	220	3.5	4	120	71	62	70.5	0.2	24	22	0.72	0.47	100	220
JY7114	180	220	2.5	4	120	71	48	70.5	0.2	24	22	0.64	0.41	100	220
JY7134	370	220	5	4	120	71	80	70.5	0.2	24	22	0.83	0.49	100	220

表 4-12　JY 新系列电动机绕组排列方法



四、JX 及 JX 新系列电动机铁心、绕组技术数据

JX 系列电容起动异步电动机技术数据见表 4-13。

JX 系列电动机绕组的排列方法见表 4-14。

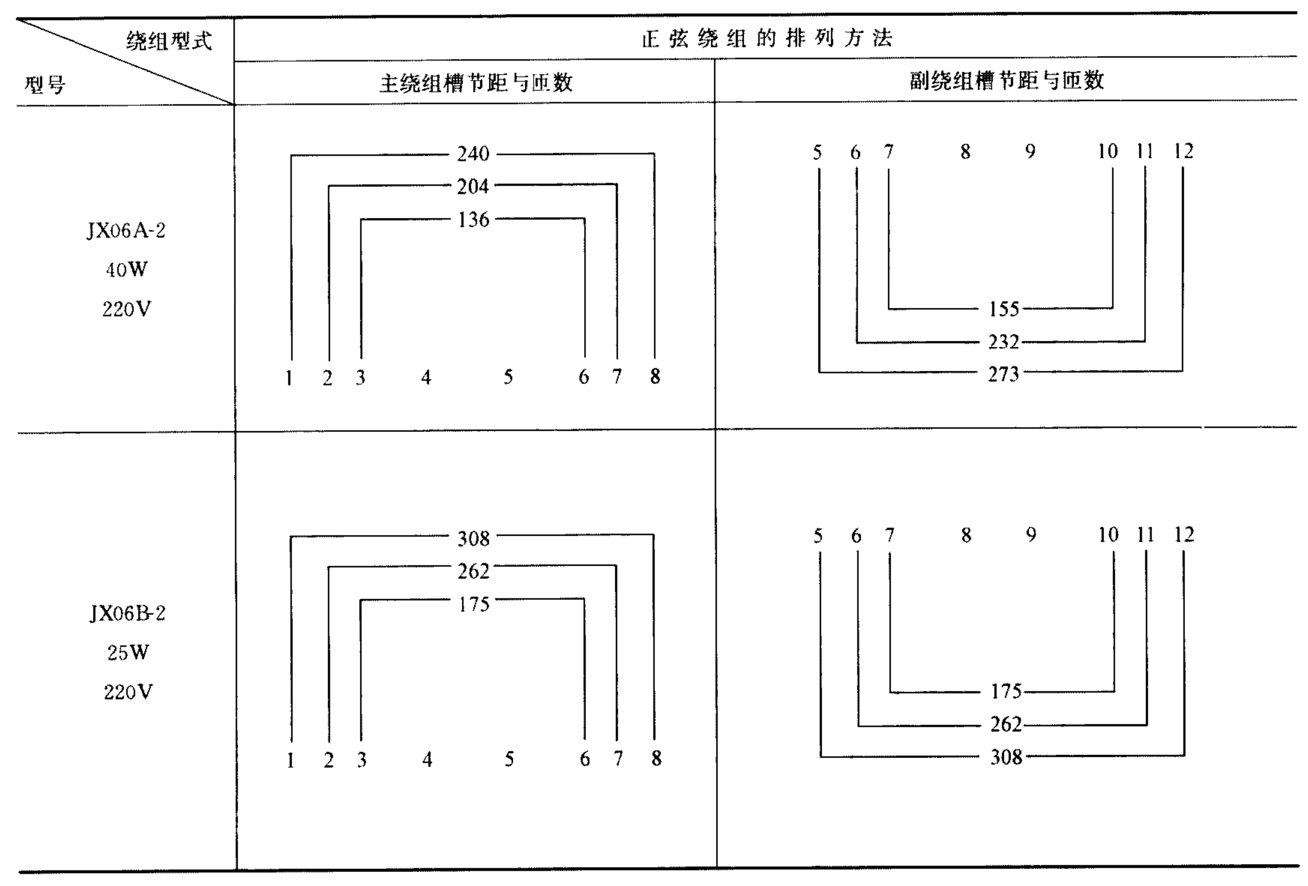
JX 新系列电动机的铁心和绕组技术数据见表 4-15。

JX 新系列电动机绕组排列方法见表 4-16。

表 4-13　　JX 系列电容起动异步电动机技术数据

序号	电动机型号	容量(W)	极数	电压(V)	定子外径(mm)	定子内径(mm)	定子轭高(mm)	轴径(mm)	铁心长度(mm)	定子槽数	转子槽数	气隙(mm)	主绕组每极匝数	副绕组每极匝数	主绕组线规(mm)	副绕组线规(mm)	主绕组线重(kg)	副绕组线重(kg)	电容器容量(μF)	电容器电压(V)	空载电流(A)
1	JX07A 2	90	2	220	94	48		14	45	18		0.28									
2	JX07B-2	60	2	220	94	48		14	36	18		0.28									
3	JX07A-4	60	4	220	94	48		14	45	18		0.23									
4	JX07B-4	40	4	220	94	48		14	36	18		0.23									
5	JX06A-2	40	2	220	84	42	11	12	45	16	10	0.25	580	580	0.27	0.27	0.15	0.15	2	240	0.303
6	JX06B-2	25	2	220	84	42	11	12	35	16	10	0.25	745	745	0.23	0.23	0.128	0.128	1.5	245	0.217
7	JX06A-4	25	4	220	84	42	11	12	45	16	10	0.25	425	425	0.23	0.23	0.117	0.117	2.5	265	0.43
8	JX06B-4	15	4	220	84	42	11	12	35	16	10	0.25	600	600	0.20	0.20	0.109	0.109	1.5	275	0.223
9	JX05B-2	15	4	220	71	36	8	9	42	16	10	0.25	706	706	0.20	0.20	0.098 5	0.098 5	1	234	0.195 6
10	JX05B-2	8	2	220	71	36	8	9	30	16	10	0.25	1070	1070	0.15	0.15	0.067 6	0.067 6	0.75	237	0.132
11	JX05A-4	8	4	220	71	36	8	9	42	16	10	0.25	570	657	0.18	0.19	0.096	0.11	1	262	0.197
12	JX05B-4	4	4	220	71	36	8	9	30	16	10	0.25	800	800	0.16	0.15	0.080 6	0.070 8	1	262	0.134

表 4-14　　JX 系列电动机绕组的排列方法



续表

型号 \ 绕组型式	正弦绕组的排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	副绕组槽节距与匝数
JX05A-4 15W 220V	290 250 166 1 2 3 4 5 6 7 8	5 6 7 8 9 10 11 12 166 250 290
JX05B-2 8W 220V	440 376 252 1 2 3 4 5 6 7 8	5 6 7 8 9 10 11 12 252 376 440
JX05A-4 8W 220V	570 1 2 3 4	3 4 5 6 656
JX05B-4 4W 220V	800 1 2 3 4	3 4 5 6 800

表 4-15　　JX 新系列电动机的铁心和绕组技术数据

型　号	功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	定子铁心外径 (mm)	定子铁心内径 (mm)	铁心长度 (mm)	气隙长度 (mm)	转子外径 (mm)	定子槽数	转子槽数	主相导线线径 (mm)	辅相导线线径 (mm)	电容器容量 (μF)	电容器耐压 (V)
JX5622	120	220	1.2	2	90	48	48	0.25	47.5	24	18	0.44	0.27	4	630
JX5612	90	220	1	2	90	48	40	0.25	47.5	24	18	0.38	0.25	4	630
JX5624	90	220	1	4	90	52	48	0.2	51.6	24	22	0.31	0.29	4	630
JX5614	60	220	0.8	4	90	52	40	0.2	51.6	24	22	0.29	0.27	4	630
JX5022	60	220	0.6	2	80	42	50	0.2	41.6	12	15	0.33	0.21	2	630
JX5012	40	220	0.5	2	80	42	50	0.2	41.6	12	15	0.33	0.21	2	630
JX5024	40	220	0.6	4	80	42	50	0.2	41.6	12	15	0.33	0.21	2	630
JX5014	25	220	0.5	4	80	42	50	0.2	41.6	12	15	0.31	0.21	2	630
JX4522	25	220	0.4	2	71	38	45	0.2	37.6	12	15	0.25	0.2	1	630
JX4512	15	220	0.25	2	71	38	45	0.2	37.6	12	15	0.23	0.19	1	630
JX4524	15	220	0.35	4	71	38	45	0.2	37.6	12	15	0.21	0.17	1	630
JX4514	8	220	0.25	4	71	38	45	0.2	37.6	12	15	0.2	0.16	1	630

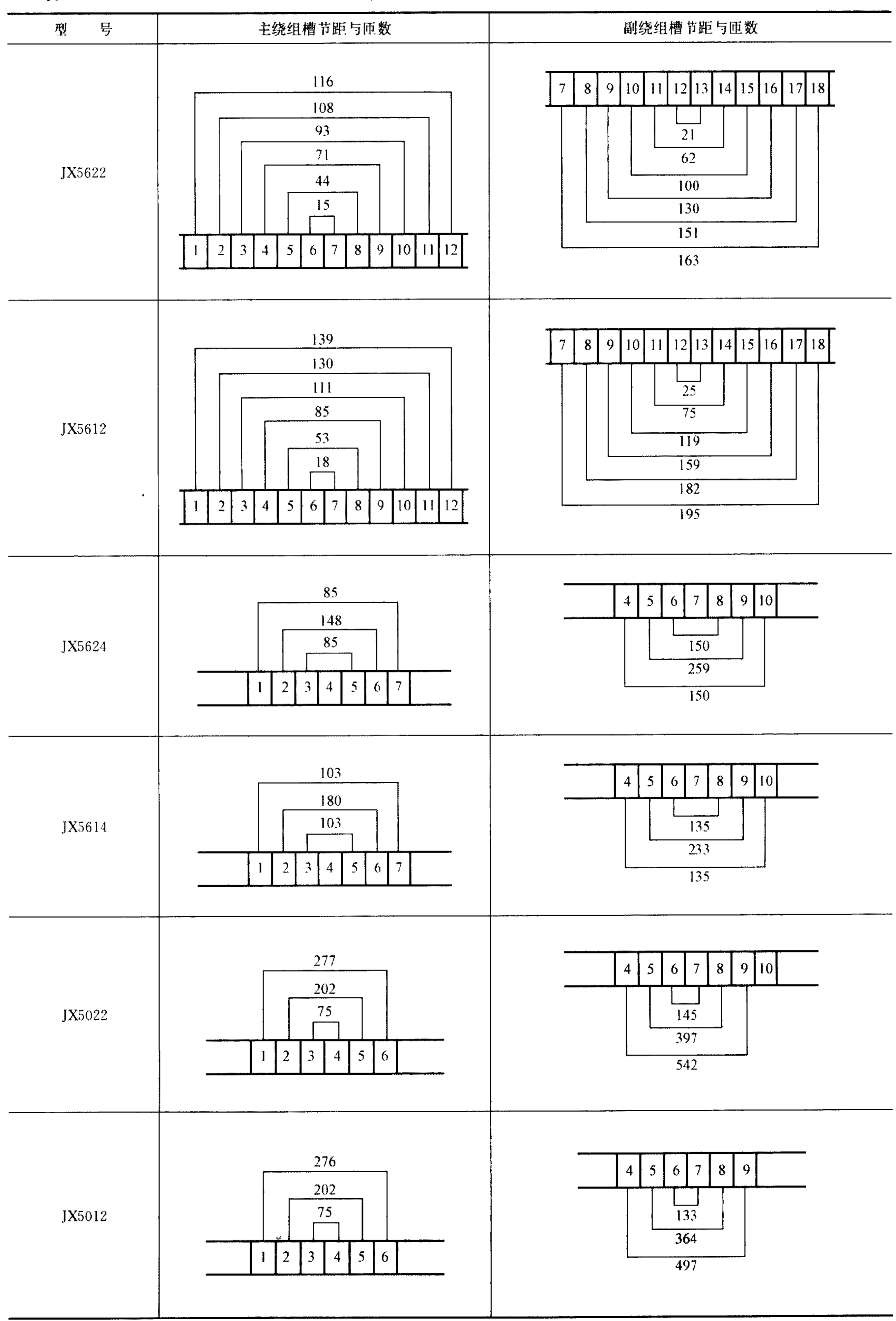


表 4-16　JX 新系列电动机绕组排列方法

型　号	主绕组槽节距与匝数	副绕组槽节距与匝数
JX5622	116 108 93 71 44 15 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 21 62 100 130 151 163
JX5612	139 130 111 85 53 18 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 25 75 119 159 182 195
JX5624	85 148 85 1 2 3 4 5 6 7	4 5 6 7 8 9 10 150 259 150
JX5614	103 180 103 1 2 3 4 5 6 7	4 5 6 7 8 9 10 135 233 135
JX5022	277 202 75 1 2 3 4 5 6	4 5 6 7 8 9 10 145 397 542
JX5012	276 202 75 1 2 3 4 5 6	4 5 6 7 8 9 133 364 497

续表

型　号	主绕组槽节距与匝数	副绕组槽节距与匝数
JX5024	185 185 1 2 3 4	3 4 5 527
JX5014	204 204 1 2 3 4	3 4 5 490
JX4522	349 256 93 1 2 3 4 5 6	4 5 6 7 8 9 183 501 685
JX4512	412 301 110 1 2 3 4 5 6	4 5 6 7 8 9 168 461 629
JX4524	262 262 1 2 3 4	3 4 5 670
JX4514	288 288 1 2 3 4	3 4 5 650

五、BO、BO2 系列电阻起动单相异步电动机铁心、绕组技术数据

BO 系列电阻起动异步电动机技术数据见表 4-17。

BO2 系列单相电阻分相起动异步电动机铁心、绕组技术数据见表 4-18。

表 4-17　　BO系列电阻起动异步电动机技术数据

序号	电动机型号	主要性能								定子铁心			气隙长度(mm)	槽数		主绕组		副绕组			槽满率(%)	主要电磁负荷			空载电流(A)	副绕组起动电流(A)
		功率(W)	电流(A)	转速(r/min)	功率因数	效率(%)	起动电流(A)	起动转矩倍数	最大转矩倍数	外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)		定子	转子	线规	每极匝数	线规	每极匝数	绕组型式		气隙磁密度(T)	主绕组电流密度(A/mm²)	副绕组电流密度(A/mm²)		
1	BO5614	40	0.785	1420	0.59	39.4	6.5	2.1	2.4	90	54	40	0.2	24	16	0.35		0.29				0.544	8.12		0.735	
2	BO5614	40	0.85	1430	0.58	37	7.0	2	2	90	56	40	0.23	24	18	0.35	362	0.33	108				8.5		0.85	
3	BO5612	60	0.685	2840	0.73	54.5	7.5	1.8	2.1	90	48	40	0.25	18	15	0.41	520	0.31	227			0.495	5.2		0.55	
4	BO5624	60	1.03	1410	0.59	44	7.2	1.9	2.1	90	54	50	0.2	24	16	0.41		0.29				0.55	7.8		0.93	
5	BO5622	90	0.9	2840	0.73	62	9.5	1.6	2	90	48	50	0.25	18	15	0.47		0.35				0.486	5		0.625	
6	BO6314	90	1.3	1420	0.59	51	9.7	1.6	2.3	102	60	50	0.23	24	30	0.49	262	0.35	100						1.27	
7	BO6314	90	1.24	1430	0.61	54	12.3	1.9	2	102	60	50	0.25	24	22	0.47	280	0.35	114		74.7	0.62	7.12	89	1.29	8
8	BO6322	180	1.6	2865	0.77	65.3	14.9	1.4	2.3	102	62.5	60	0.25	24	18	0.57	296	0.35	132						1.19	
9	BO6322	180	1.6	2890	0.78	68	17	1.9	2.2	102	54	55	0.25	24	18	0.57	306	0.41	156		80	0.582	6	81	1.4	
10	BO6334	180	2.3	1416	0.65	54.5	18.6	1.92	2.2	102	60	70	0.23	24	30	0.62	176	0.41	77		78				2.07	
11	BO6334	180	2.2	1396	0.66	56	16.3	1.75	1.61	102	58	70	0.2	24	22	0.67	200	0.38	89		84	0.545	6.2	97	1.92	11
12	BO6312	120	2.22	2883	0.70	63	11.7	1.5	3	102	52	50	0.25	24	18	0.51	347	0.35	200						0.97	6.75
13	BO6312	120	1.30	2873	0.75	64	13	2	2.3	102	54	44	0.25	24	18	0.51	379	0.38	187		80.5	0.587	5.55	80	0.91	
14	BO6324	120	1.61	1419	0.64	56	13	1.6	2	102	60	55	0.25	24	22	0.53	230	0.38	102		76.3	0.62	6.9	81	1.3	
15	BO6322	250	2.18	2883	0.78	67	22	1.9	2.2	102	54	62	0.25	24	18	0.62	247	0.44	127		74.5	0.634	7.22	88	1.6	
16	BO7114	250	2.9	1416	0.65	60	17	1.7	1.8	130	72	72	0.25	24	22	0.80	161	0.41	123		76.6	0.635	5.8		2.3	8.1
17	BO7112	370	2.9	2883	0.85	68	28	1.4	2.1	130	66	62	0.25	24	18	0.71	218	0.49	140		63	0.568 3	6.5		1.55	15.4
18	BO7124	370	3.9	1410	0.67	64	24	1.7	2	130	72	80	0.25	24	22	0.90	126	0.41	79		75	0.634 5	6.2	70	2.8	12

表 4-18　　BO2 系列单相电阻分相起动异步电动机铁心、绕组技术数据

型号	额定功率 (W)	额定电压 (V)	满载时 电流 (A)	满载时 转速 (r/min)	满载时 效率 (%)	满载时 功率因数	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	气隙长度 (mm)
BO2 6312	90	220	1.09	2800	56	0.67	96	50	45	0.25
BO2 6322	120		1.36		58	0.69			54	
BO2 7112	180		1.89		60	0.72	110	58	50	
BO2 7122	250		2.40		64	0.74			62	
BO2 8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58	
BO2-6314	60		1.23	1400	39	0.57	96	58	45	
BO2-6324	90		1.64		43	0.58			54	
BO2 7114	120		1.88		50	0.58	110	67	50	
BO2 7124	180		2.49		53	0.62			62	
BO2 8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58	
BO2-8024	370		4.24		62	0.64			75	

型号	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线规	主绕组 每极匝数	主绕组 平均半匝长 (mm)	副绕组 线规	副绕组 每极匝数	副绕组 平均半匝长 (mm)	堵转电流 (A)	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩
BO2-6312	24	18	1—0.45	436	132	1—0.33	192	132	12	1.5	1.8
BO2-6322			1—0.50	357	141	1—0.35	182	140	14	1.4	
BO2-7112			1—0.56	297	148.2	1—0.38	167	148.5	17	1.3	
BO2 7122			1—0.63	235	160.2	1—0.40	156	160.6	22	1.1	
BO2 8012			1—0.71	206	170.4	1—0.45	136	171.3	30		
BO2-6314		30	1—0.42	315	97.3	1—0.31	127	93.5	9	1.7	
BO2-6324			1—0.45	270	166.3	1—0.35	117	103	12	1.5	
BO2-7114			1—0.53	224	109.4	1—0.33	124	109.4	14		
BO2-7124			1—0.60	183	121.4	1—0.35	102	121.4	17	1.4	
BO2-8014			1—0.71	158	126.4	1—0.40	104	126.4	22	1.2	
BO2-8024			1—0.85	124	143.9	1—0.47	89	149.4	30		

六、CO、CO2 系列电容起动电动机铁心、绕组技术数据

CO 系列电容起动电动机铁心、绕组技术数据见表 4-19。

CO2 系列分马力单相电容起动电动机铁心、绕组技术数据见表 4-20。

表 4-19　　CO 系列电容起动电动机铁心、绕组技术数据

序号	电动机型号	主要性能 功率 (W)	电流 (A)	转速 (r/min)	功率因数	效率 (%)	起动电流 (A)	起动转矩倍数	最大转矩倍数	定子铁心 外径 (mm)	定子铁心 内径 (mm)	定子铁心 长度 (mm)	气隙长度 (mm)
1	CO6324	120	1.596	1427	0.606	56	9	3.3	2.6	102	60	60	0.23
2	CO6322	180	1.633	2844	0.77	64	9.5	3.2	2.6	102	52	52	0.2
3	CO6322	180	1.61	2860	0.78	63	10	3.0	2.5	102	52.5	60	0.25
4	CO6334	180	1.80	1391	0.66	64.8	7.9	3.2	1.82	102	61	68	0.25

续表

序号	电动机型号	主要性能								定子铁心			气隙长度 (mm)
		功率 (W)	电流 (A)	转速 (r/min)	功率因数	效率 (%)	起动电流 (A)	起动转矩倍数	最大转矩倍数	外径 (mm)	内径 (mm)	长度 (mm)	
5	CO6334	180	2.19	1394	0.66	58	8.8	3.2	1.52	102	58	70	0.20
6	CO6334	180	2.3	1417	0.62	56	12.5	3.2	1.98	102	60	70	0.23
7	CO6332	250	2.03	2877	0.79	71	12.5	3.3	2.8	102	53	68	0.25
8	CO6332	250	2.10	2861	0.79	65.7	13	3.2	2.15	102	52	68	0.20
9	CO6332	250	2.13	2844	0.81	67	11.3	3.06	1.9	102	52	70	0.25
10	CO6114	250	2.94	1426	0.64	62	12	3.1	1.83	130	72	62	0.25
11	CO7112	370	2.9	2874	0.86	69	15.6	2.8	1.99	130	66	62	0.25
12	CO7124	370	3.9	1410	0.67	63	16.6	3.1	1.7	130	72	80	0.25
13	CO7122	550	4.36	2854	0.83	73	25	3	2.4	130	66	80	0.25
14	CO8014	550	4.6	1440	0.75	72	25	2.9	1.95	138	84	80	0.25
15	CO8014	550	4.97	1428	0.73	64	25	2.75	2.2	138	81.6	70	0.25
16	CO8102	750	5.5	2884	0.84	74	31	2.9	2	138	74	70	0.25
17	CO8012	750	5.73	2842	0.81	74	32	2.6	2.2	138	71.6	70	0.30
18	CO8024	750	6.03	1436	0.77	73	33	3.1	2.1	138	84	100	0.25
19	CO8024	750	6.9	1418	0.72	72	27	2.3	1.9	138	81.6	95	0.25

序号	电动机型号	槽数		主绕组		副绕组		槽满率 (%)	主要电磁负荷			空载电流 (A)	副绕组起动电流 (A)	电容器容量 (μF)
		定子	转子	线规	每极匝数	线规	每极匝数		气隙磁密度 (T)	主绕组电密度 (A/mm²)	副绕组电密度 (A/mm²)			
1	CO6324	24	30	0.57		0.35						1.404		75
2	CO6322	24	18	0.57	301	0.41	273	81	0.615	6.45	32.8	1.3	4.33	75
3	CO6322	24	18	0.57		0.35						1.11		100
4	CO6334	24	22	0.62	200	0.41	143	83	0.562	6.6	38	1.5		75
5	CO6334	24	22	0.67	200	0.41	114	84	0.545	6.2	48.2	1.63	6.36	100
6	CO6334	24	30	0.64		0.41		79						100
7	CO6332	24	18	0.67	244	0.47	212	81	0.598	5.78	29.8	1.32		75
8	CO6332	24	18	0.62	232	0.44	200	80	0.614	7.2	40	1.5	6.08	100
9	CO6332	24	18	0.62	270	0.49	189	61	0.493	7	35	1.4	6.57	100
10	CO6114	24	22	0.8	161	0.41	147	76.6	0.636	5.84		2.23	5.75	100
11	CO7112	24	18	0.74	218	0.53	224	71	0.554 2	6.5		1.5	6.65	100
12	CO7124	24	22	0.9	126	0.49	131	76	0.634 4	6.23		2.81	5.76	100
13	CO7122	24	18	0.9	159	0.62	140	70	0.609 2	6.4		2.3	10.5	150
14	CO8014	36	26	2—0.69	116	0.57	112	76	0.663	6.15	40.8	3.05		150
15	CO8014	36	26	0.96	120	0.55	113	77	0.702 2	6.9	40	3.27	9.5	150
16	CO8102	24	18	1—0.67 1—0.69	146	0.62	165	79	0.679	7.6	49	3.55		200
17	CO8012	24	30	1.0	149	0.55	185	80	0.685	7.24	39	4.41	9.25	150
18	CO8024	36	34	1—0.72 1 -0.80	93	0.64	98	75	0.665	6.63	43	4.75		200
19	CO8024	36	26	1.08	93	0.59	92	75	0.71	7.55	39	4.7	10.3	150

表 4-20　　CO2 系列分马力单相电容起动电动机铁心、绕组技术数据

型号	额定功率(W)	额定电压(V)	满载时 电流(A)	满载时 转速(r/min)	满载时 效率(%)	满载时 功率因数	定子铁心 外径(mm)	定子铁心 内径(mm)	定子铁心 长度(mm)	气隙长度(mm)
CO2-7112	180	220	1.89	2800	60	0.72	110	58	50	0.25
CO2-7122	250		2.40		64	0.74			62	
CO2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58	
CO2-8022	550		4.65		68	0.79			75	
CO2-90S2	750		5.94		70	0.82	145	77	70	0.30
CO2-7114	120		1.83	1400	50	0.58	110	67	50	0.25
CO2-7124	180		2.19		53	0.62			62	
CO2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58	
CO2-8024	370		4.24		62	0.64			75	
CO2-90S4	550		5.57		65	0.69	145	87	70	
CO2-90L4	750		6.77		69	0.73			90	

型号	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线规	主绕组 每极匝数	主绕组 平均半匝长(mm)	副绕组 线规	副绕组 每极匝数	副绕组 平均半匝长(mm)	堵转电流(A)	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	电容器容量(μF)
CO2-7112	24	18	1—0.56	297	148.2	1—0.38	247	158.3	12	3.0	1.8	75
CO2-7122			1—0.63	235	160.2	1—0.47	204	170.3	15			
CO2-8012			1—0.71	206	170.4	1—0.53	206	182	21	2.8		100
CO2-8022			1—0.85	159	187.6	1—0.56	154	192	29			150
CO2-90S2			1—1.0	147	198.2	1—0.63	133	211.2	37	2.5	1.8	200
CO2-7114		30	1—0.53	224	109.4	1—0.35	145	120.2	9	3.0		75
CO2-7124			1—0.60	183	121.4	1—0.38	124	132.2	12			
CO2-8014			1—0.71	158	126.4	1—0.47	133	139	15	2.8	1.8	100
CO2-8024			1—0.85	124	143.4	1—0.50	134	155.8	21	2.5		
CO2-90S4	36	42	1—0.95	127	144.6	1—0.60	108	157.2	29			150
CO2-90L4			1—1.06	96	165	1—0.63	120	177	37			

注　电容器为 CDJ 型电解电容，工作电压 220V。

七、DO 系列电容运转单相异步电动机铁心、绕组技术数据

DO 系列电容运转电动机铁心、绕组技术数据见表 4-21。

DO2 系列分马力单相电容运转异步电动机铁心、绕组技术数据见表 4-22。

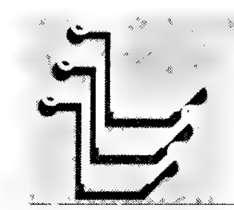
表 4-21

DO 系列电容运转电动机铁心、绕组技术数据

序号	电动机型号	主要性能								定子铁心			气隙长度(mm)	槽数		主绕组		副绕组		槽满率(%)	主要电磁负荷			空载电流(A)	电容器容量(μF)
		功率(W)	电流(A)	转速(r/min)	功率因数	效率(%)	起动电流(A)	起动转矩倍数	最大转矩倍数	外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)		定子	转子	线规	每极匝数	线规	每极匝数		气隙磁密度(T)	主绕组电密度(A/mm²)	副绕组电密度(A/mm²)		
1	DO4514	8	0.19	1446	0.76	21	0.44	1.5	3	71	38	45	0.2	12	15	0.2	575	0.16	650	67	0.359	7.96	5.94	0.27	1
2	DO4512	15	0.18	2890	0.92	39	0.49	0.76	2.1	65	36	40	0.175	12	15	0.18	1340	0.19	2560	69	0.363			0.2	1
3	DO4524	15	0.29	1427	0.75	30	0.53	0.90	1.95	71	38	45	0.2	12	15	0.21	523	0.17	670	72	0.386 6	8.79	5.39	0.38	1
4	DO5014	25	0.317	1410	0.9	40.5	0.77	0.88	2.1	80	42	34	0.15	24	18	0.25	504	0.18	523	87	0.581	6.11	8.17	0.38	2
5	DO5014	25	0.301	1385	0.93	40.5	0.59	1.17	1.85	80	43	35	0.25	24	18	0.23	600	0.18	690		0.465	6.77	11.4	0.37	2
6	DO5012	40	0.338	2887	0.999	53.7	1.28	0.7	2.3	80	42	34	0.15	24	18	0.27	620	0.2	890	74	0.548	2.8	7.7	0.4	2
7	DO6024	40	0.45	1409	0.92	44	1	0.86	2	80	42	44	0.15	24	18	0.27	373	0.2	598	88	0.605	5.83	8.43	0.56	2
8	DO5024	40	0.435	1395	0.88	47.5	0.90	0.97	1.86	80	43	46	0.25	24	18	0.27	435	0.21	675		0.492	5.84	8.8	0.54	2
9	DO5614	60	0.59	1440	0.97	48.5	1.4	0.58	1.87	90	56	35	0.25	24	18	0.27	350	0.25	450	78	0.536	7.6	9.06	0.786	4
10	DO5614	60	0.58	1449	0.97	50.7	1.7	0.49	1.83	90	52	38	0.2	24	18	0.29	350	0.27	460	84	0.582	6.65	8.62	0.80	4
11	DO5022	60	0.463	2800	0.997	59.1	1.42	0.52	2.15	80	42	44	0.15	24	18	0.29	541	0.20	842	72	0.486	3.44	7.72	0.38	2
12	DO5612	90	0.503	2897	0.98	60	1.67	0.54	1.7	90	48	38	0.25	18	12	0.33	500	0.27	650	76	0.518	3.67	7.5	0.50	4
13	DO5624	90	0.853	1436	0.97	54	1.93	0.63	1.83	90	56	45	0.25	24	18	0.29	260	0.25	450	76	0.552	8.4	8.06	1.14	4
14	DO5622	120	11.9	2886	0.87	58	14.2	0.35	2.33	90	52	48	0.2	24	18	0.35	360	0.33	468	79.2	0.497	12.3	5.14	0.8	4
15	DO6314	120	0.92	1438	0.98	61	2.7	0.43	1.95	102	60	50	0.23	24	30	0.41		0.35						0.8	
16	DO6314	120	0.975	1453	0.97	58	3.52	0.59	1.95	102	60	44	0.25	24	22	0.38	265	0.29	460	76	0.641	5.32	8.05	1.26	4
17	DO6312	180	1.25	2910	0.99	66	5.77	0.48	2.12	102	54	44	0.25	24	18	0.44	341	0.33	510	75	0.634	3.44	8.7	1.29	6
18	DO6324	180	1.32	1425	0.98	61	2.7	0.43	1.95	102	60	60	0.23	24	30	0.44	376	0.38	526					1.36	6
19	DO6324	180	1.31	1441	0.99	64	4.84	0.5	1.96	102	60	55	0.25	24	22	0.44	213	0.33	355	76	0.648	4.7	9.7		6

表 4-22　DO2 系列分马力单相电容运转异步电动机铁心、绕组技术数据

型号	额定功率(W)	额定电压(V)	满载时 电流(A)	满载时 转速(r/min)	满载时 效率(%)	满载时 功率因数	定子铁心 外径(mm)	定子铁心 内径(mm)	定子铁心 长度(mm)	气隙长度(mm)	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线规	主绕组 每极匝数	主绕组 平均半匝长(mm)	副绕组 线规	副绕组 每极匝数	副绕组 平均半匝长(mm)	堵转电流(A)	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	电容器 容量(μF)	电容器 工作电压(V)
DO2-4512	10	220	0.20	2800	28	0.80	71	38	45	0.2	12	18	1—0.18	868	106	1—0.16	971	106	0.8	0.60	1.8	1	630
DO2-4522	16		0.26		35								1—0.20	750		1—0.19	796		1.0				
DO2-5012	25	220	0.33	2800	40	0.85	80	44					1—0.25	519	125.7	1—0.23	819	125.7	1.5			2	630
DO2-5022	40		0.42		42	0.90								489		1—0.25	698		2.0	0.50			
DO2-5612	60		0.57		53		90	48	50	0.25	24	18	1—0.28	454	131.6	1—0.31	527	131.6	2.5		1.8	4	
DO2-5622	90		0.81		56								1—0.33	363			467		3.2	0.35			
DO2-6312	120	220	0.91	2800	63	0.95	96	50	45				1—0.40	415	132		593	132	5.0				630
DO2-6322	180		1.29		67				54				1—0.45	320	140.7	1—0.33	427	140.7	7.0			6	
DO2-7112	250		1.73		69		110	58	50			18	1—0.50	271	148.1	1—0.45	382	148.1	10	1.0	1.8	8	430
DO2-4514	6	220	0.20	1400	17	C.80	71	38	45	0.2	12		1—0.18	700	83.3	1—0.16	675	83.3	0.5	0.60		1	630
DO2-4524	10		0.26		24								1—0.20	600			620		0.8				
DO2-5014	16		0.28		33		80	44					1—0.21	560	85.4	1—0.21	455	85.4	1.0			2	
DO2-5024	25	220	0.36	1400	38	0.82	80	44	45	0.2	12	18	1—0.25	436	85.4	1—0.21	435	85.4	1.5	0.50	1.8	2	630
DO2-5614	40		0.49		45		90	54	50	0.25	24		1—0.28	356	98.7	1—0.23	508	98.7	2.0				
DO2-5624	60		0.64		50	0.85							1—0.31	348		1—0.28	339		2.5			4	
DO2-6314	90	220	0.94	1400	51		96	58	45	0.25	24		1—0.35	302	93.7	1—0.31	374	93.7	3.2	0.35			
DO2-6324	120		1.17		55				54			30	1—0.40	259	106.3		365	106.3	5.0				
DO2-7114	180		1.58	1400	59	0.88	110	67	50	0.25	24		1—0.42	206	109.4	1—0.38	330	109.4	7.0		1.8	6	430
DO2-7124	250		2.04		62	0.90			62				1—0.47	165	121.4	1—0.42	268	121.4	10			8	



第五章 直流电机绕组重绕与改绕

第一节 直流电机绕组的基本概念

直流电机的电枢绕组可分为叠绕组和波绕组，叠绕组有单叠绕组和复叠绕组之分，波绕组也有单波绕组和复波绕组之分，另外还有混合绕组（又称蛙形绕组）。

一、直流电机绕组的基本概念

1. 电枢绕组

电枢绕组是安放在电机电枢铁心上的绕组，这种绕组是电机能量转换的枢纽。

2. 并励绕组

并励绕组是磁极绕组的一种，由并接在电机全部或部分主电路的线圈组成。

3. 串励绕组

串励绕组是磁场绕组的一种，串接在主电路中，通过全部或部分负载电流的线圈组成。

4. 换向绕组

换向绕组串接在主电路中，承载负载电流或其一定的比例部分，用以改善换向过程。

5. 补偿绕组

补偿绕组是承载负载电流（或一定比例部分），借以抵消由于其他绕组中流过的负载电流而发生磁场畸变的一种绕组。

6. 线圈边

线圈边是线圈中沿电机铁心轴向的两个直线部分，每只线圈有两个线圈边。

7. 前节距 y_1（又称第一节距）

同一线圈的两个有效边沿电枢表面所跨过的距离称为前节距，一般用槽数表示。线圈的两个边是嵌放在槽中的，所以前节距 y_1 应等于整数。为了使线圈能产生尽量大的感应电动势，要求 y_1 大约等于一个极距 τ。

8. 合成节距 y

一个绕组元件和紧连接着的另一元件的对应边在电枢表面上的距离称为合成节距，一般用槽数表示，或用换向片数表示。

9. 换向节距 y_k

线圈的两个端头接在换向器上的距离称为换向节距，一般用换向片数表示。

10. 后节距 y_2（又称第二节距）

一个线圈单元的下层边与同它相连的第二个线圈单元的上层边之间沿电枢表面跨过的距离称为后节距，一般用槽数表示，也可用换向片数表示。

11. 虚槽 u

有时一个线圈中有几个线圈单元，因此线圈单元数多于槽数，每个槽分为几个虚槽“u”，如图 5-1（b）、（c）所示。通常 $u=1\sim5$，线圈单元数和虚槽数 Z_u 相等。

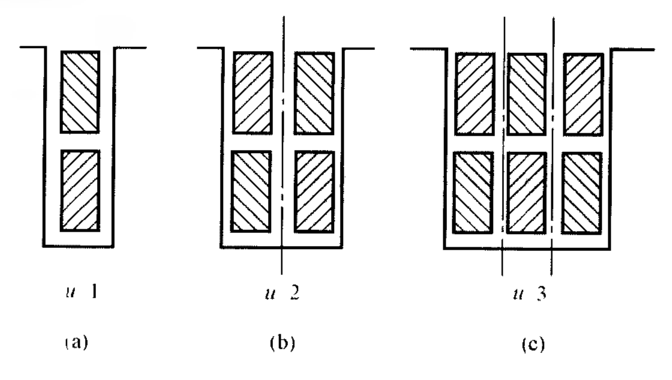


图 5-1 实槽与虚槽

(a) 一个虚槽；(b) 两个虚槽；(c) 三个虚槽

各种绕组的连接规律是由绕组的节距来确定的，绕组的型式和节距如图 5-2 所示。

二、单叠绕组

在单叠绕组中，线圈元件的两个线端接到两个相邻的换向片上。那么第一线圈元件的两个端头接到换向器片 1 和换向器片 2 上，紧接着第二个元件的首端与第一个元件的尾端相连，并一起接到换向片 2 上，线圈元件边放在与第一元件边相邻的槽 2 中。其尾端接在与首端相邻的换向片 3 上，依此类推，电枢绕组就是这样一个接一个叠绕上去的，所以称为叠绕组，如图 5 2 (a) 所示。

从图中可以看出，换向节距与合成节距的关系为

$$y = y_k = \pm 1 \tag{5-1}$$

图 5-2 (a) 的绕组是向右一个接一个叠绕的，称为右行绕组，式 (5-1) 可写成$y=y_k=1$。如果绕组是向左叠绕，称为左行绕组，式 (5-1) 可写成 $y=y_k=-1$。由于左行绕组端线连接时是交叉的，从制造工艺和耗铜量考虑，一般不予采用。

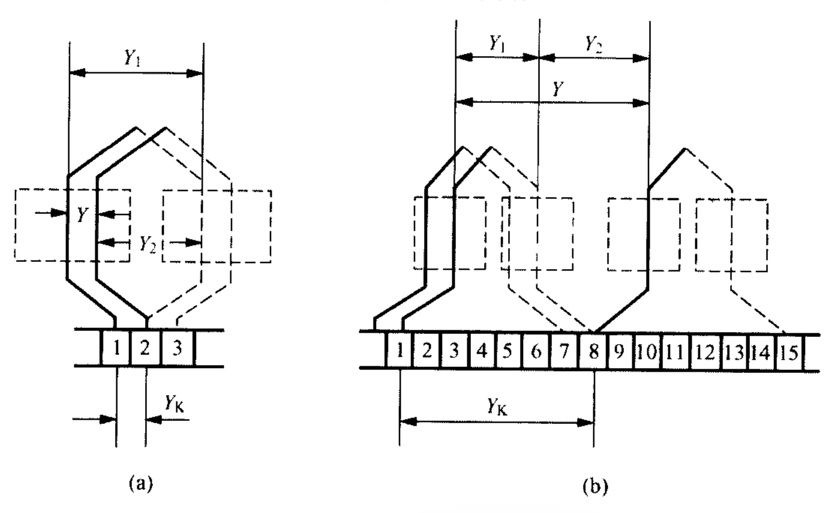


图 5-2 电枢绕组的型式与节距

(a) 叠绕组型式与节距；(b) 波绕组型式与节距

在单叠绕组中，线圈的一个边放在电枢铁心槽的上层；另一个边放在另一个槽的下层。这两个槽的距离应该等于一个极距 τ。这样，线圈的一个边在 N 极下，而另一个边在 S 极下相对应的位置，两个线圈边的感应电势大小相等，方向相反。对线圈两端来说可获得最大的感应电势。

极距 τ 用电枢的槽数表示 $\tau=\frac{Z}{2p}$。若$\frac{Z}{2p}$=整数，则电枢绕组线圈的前节距 $y_1=\tau=\frac{Z}{2p}$，称为整距绕组。

当极距 $\tau=\frac{Z}{2p}\neq$整数时，y_1 必须是整数。

$$y_1 = \frac{Z}{2p} \mp \varepsilon = \text{整数} \tag{5-2}$$

式中 ε——使 y_1 凑成整数的一个分数。

$y_1 > \frac{Z}{2p}$时，称为长距绕组，如图5 3的线圈2所示。

若$y_1 < \frac{Z}{2p}$时，称为短距绕组，如图5 3所示的线圈1。由于短距绕组节省材料，一般均采用短距绕组。

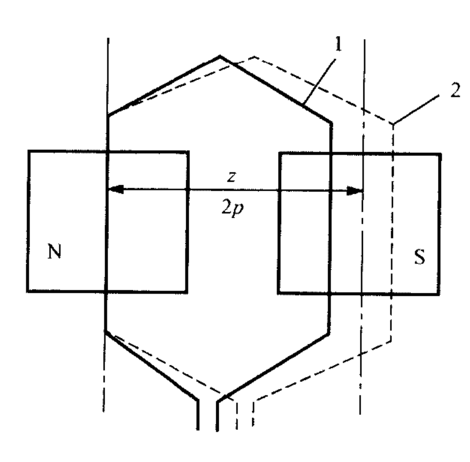


图5-3　绕组的节距

1—短距绕组；2　长距绕组

1. 绕组展开图

-台电机$2p=4$，$Z_u=K=S=16$，采用全节距绕组，则

$$y_1 = \frac{Z_u}{2p} \mp \varepsilon = \frac{16}{4} + 0 = 4$$

采用右行绕组则

$$y = y_k = 1$$

画出绕组展开图，其步骤如下：先画16个槽和16个换向片，将1号线圈的上层边放在1号槽的上层（实线），下层边放入5（$1+y_1=1+4=5$）号槽的下层（虚线用5′表示）；1号线圈的始端接到1号换向片上，其末端应连接在2（$1+y_k=1+1=2$）号换向片上。为了使线圈前端部左右对称，1号、2号换向片的中心线应与线圈的中心线重合（称为对称元件）。然后将2号线圈的上层边放入槽2的上层，下层边放入槽6的下层；其始端连接在2号换向片上，末端接在3号换向片上，其余类推。最后将16号线圈的末端接在1号换向片上形成一个闭合回路，绕组连接完毕，线圈元件的串联顺序是

上层　1　2　3　4　5　6　7　8　9　10　11

下层　5′　6′　7′　8′　9′　10′　11′　12′　13′　14′

　12　13　14　15　16　1

15′　16′　1′　2′　3′　4′

最后确定主极位置，在画主极之前，先要假定电枢旋转方向，如电枢按逆时针方向旋转，同时画出主极位置和假定其极性，电机主极在圆周上是对称均匀分布的，极靴的宽度一般为一个极距的0.6～0.7倍。N极表示磁力线方向进入纸面，S极表示磁力线方向离开纸面。根据有手定则，可确定各导体中感应电动势的方向（用线圈单元边上的箭头表示），在N极下电动势方向是向下的；在S极下，电动势方向是向上的，其展开图如图5-4所示。

2. 电刷位置和并联支路数

在绕组对称的情况下，确定电刷在换向器的位置时，应使电动机在正负电刷间获得最大电

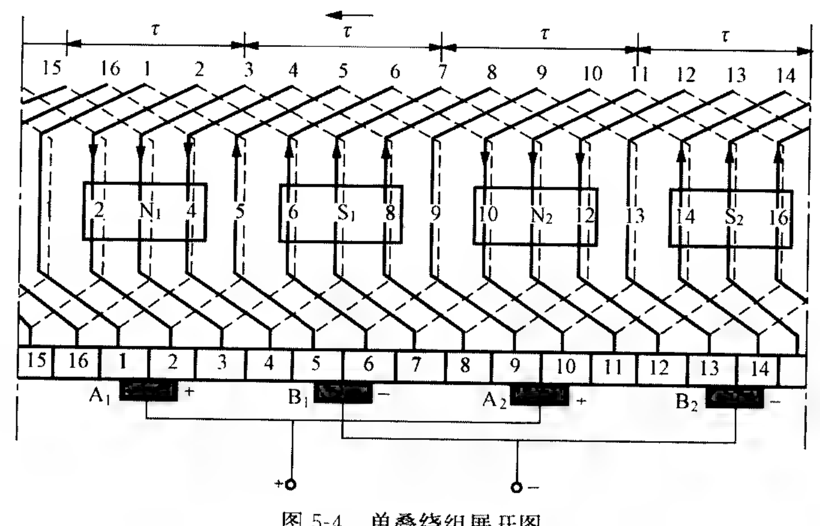


图5-4　单叠绕组展开图

动势。在图 5-4 中，2、3、4 三个线圈的上层边同处在 N_1 极下，电动势方向相同，6、7、8 为其下层边，同处在 S_1 极下，电动势方向也相同。每个线圈电动势的瞬时值等于上、下层线圈边电动势之和，而且每个极下三个元件各自组成一条支路电动势，而且相等。为了引出最大的电动势，必须在磁极轴线位置放置四组电刷 A_1、B_1、A_2、B_2，这时四组电刷分别将线圈 1、5、9、13 四个元件短路，因为这四个元中的电动势为零。而电刷 A_1 和 A_2 或 B_1 和 B_2 所接触的线圈，刚好相隔两个极距，电刷 A_1、A_2 的极性为"+"，B_1、B_2 为"−"。

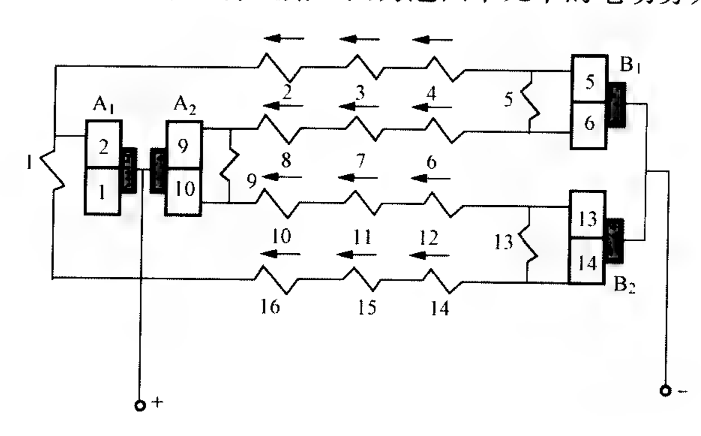


图 5-5　4 极单叠绕组等效电路

如果将图 5-4 支路线圈的连接与电刷间的关系画成等效电路，可以得图 5-5 所示的电路。从图 5-5 中可以看出，电枢电路由四条并联支路电势所组成，即处在同一个极下的各线圈边电动势方向相同，通过换向片串联相加，组成一条支路电动势，所以单叠绕组的并联支路等于电机极数，电枢支路数与极数的关系为

$$2a = 2p \tag{5-3}$$

式中　$2a$——支路数；

$2p$——极数。

电刷的宽度，可以根据电刷的电流密度情况来决定，一般为换向片宽度的 1.5～3 倍。

必须指出，对于不对称线圈元件，电刷位置应位于磁极几何中性线的换向片上。

上面讨论的单叠绕组，是一个槽中放有上、下各一个线圈元件边，但实际电机中，往往在一个槽内上、下各并列放有数个元件边。假设在一个槽中，上、下各并放有 u 个元件边，这时我们将一个实际的槽分别看成 u 个虚槽。虚槽数与 S、K 是的关系为

$$Z_u = uZ = S = K \tag{5-4}$$

式中　Z_u——虚槽数；

u——每个槽的虚槽数；

S——线圈元件数。

这时线圈元件的前节距用实数槽表示时

$$y_{Z1} = \frac{Z}{2p} \mp \varepsilon_z = \text{整数} \tag{5-5}$$

线圈元件的前节距用虚槽数表示时，则

$$y_1 = \frac{Z_u}{2p} \mp \varepsilon = \text{整数}$$

如果每槽中有 2 个虚槽的线圈，如图 5-6 所示。图 (a) 表示相邻两个元件边都嵌在同一槽内，称为同槽式；图 (b) 表示相邻两个元件边其中一个边嵌于同一槽内，而另两个元件边嵌在不同的槽内，称为异槽式，以实槽表示的异槽式绕组展开团，如图 5-7 所示。

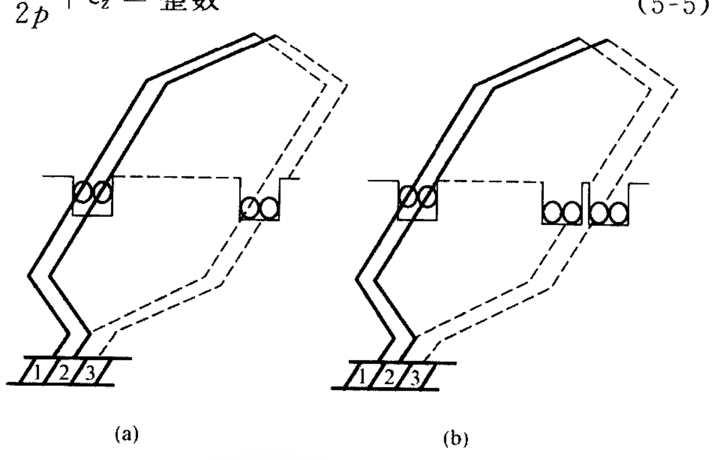


图 5-6　同槽式和异槽式绕组

(a) 同槽式绕组；(b) 异槽式绕组

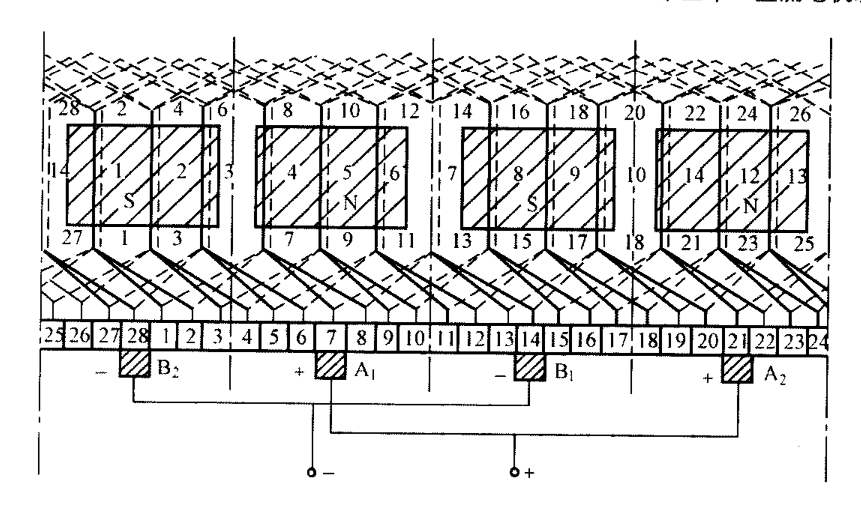


图 5-7　以实槽表示的异槽式绕组展开图

三、单波绕组

1. 绕组节距和展开图

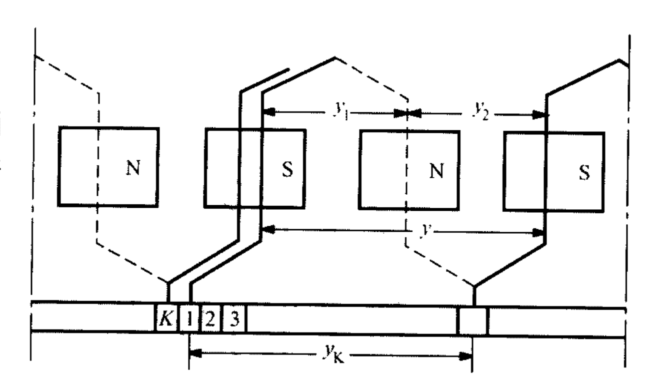


图 5-8　单波绕组的节距

单波绕组每一线圈元件的始末端要接到相距约为两个极距的换向片上，如图 5-8 所示。从图中可以看出，前节距 y_1 与单叠绕组一样即

$$y_1 = \frac{Z}{2p} \mp \epsilon = \text{整数}$$

第二个线圈元件与第一个线圈元件的合成节距 y 约为两个极距，它们处于相同极性的两个主极下面，其感应电动势的方向是相同的，可以相加。当依次串联 p 个线圈，在电枢表面环绕一周以后，其末端要接到第一线圈元件的始端所接换向片 1 相邻的换向片上，以便第二周继续绕下去，所以

$$py_k = K \mp 1 \tag{5-6}$$

因此，单波绕组的换向器节距为

$$y_k = \frac{K \mp 1}{p} = \text{整数} \tag{5-7}$$

式 (5-7) 若取“−”号，则绕一周后就落到起始换向片的左边一片上，称为左行绕组；若取“+”号，则绕完一周后就落到起始换向片的右边，称为右行绕组。右行绕组前端交叉，用得很少。

单波绕组的合成节距等于换向器节距，即

$$y = y_k \tag{5-8}$$

后节距为

$$y_2 = y - y_1 \tag{5-9}$$

现以 $2p=4$、$Z=S=15$ 为例说明一下单波绕组展开图的画法。

(1) 前节距　$y_1 = \frac{Z}{2p} = \frac{15}{4} - \frac{3}{4} = 3$

(2) 换向器节距　$y_k = \frac{K-1}{p} = \frac{15-1}{2} = 7$

(3) 合成节距　$y = y_k = 7$

(4) 后节距　$y_2 = y - y_1 = 7 - 3 = 4$

根据以上数据，可以画出单波左行绕组的展开图，如图 5-9 所示。从 1 号换向片开始 [如

图 5-9（a）所示]，第一个线圈元件的上层边放入 1 号槽内，下层边放入 4 号槽内，接到 8 号换向片上。第二个线圈元件的上层边与 8 号换向片连接，将 2 号元件的上层边放入 8 号槽内。2 号元件的下层边放入 11 号槽内，2 号元件的下层边的出线端接到 15 号换向片上，串联两个元件后，沿电枢和换向器绕了一周，回到起始换向片 1 的左边 15 号换向片上。按此规律继续连接，直至把所有线圈元件接完，就得到如图 5-9（b）所示的电路。

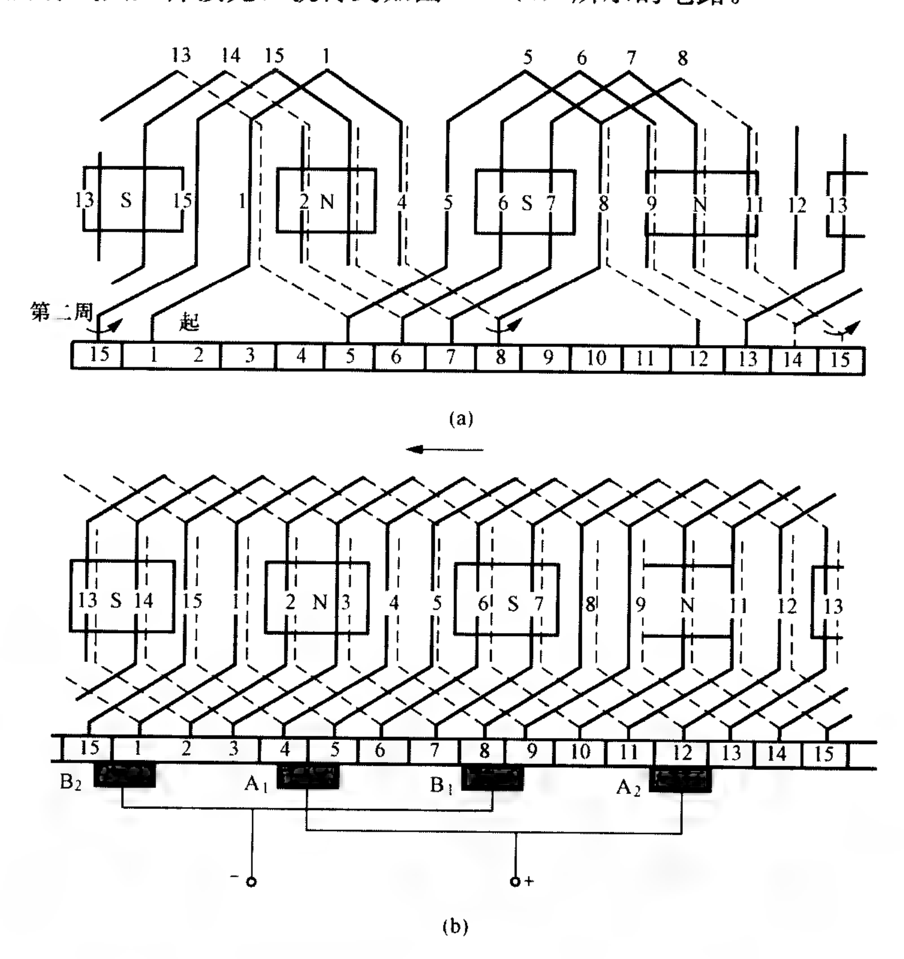
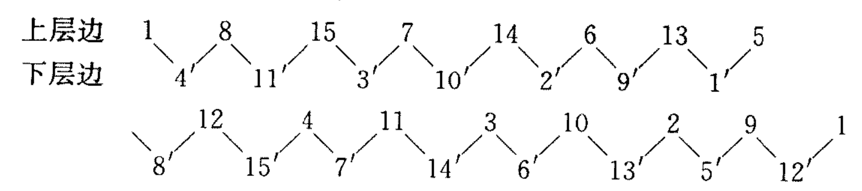


图 5-9　单波绕组展开图

（a）绕组接线顺序；（b）接线完成后的型式

从图 5-9 可以列出绕组元件连接的次序如下：



2. 电刷位置和并联支路数

单波绕组是将所有 N 极下的元件串联成一条支路，同时也将所有在 S 极下的元件串联成另一条支路。根据元件连接规律，可画出等效电路，如图 5-10 所示。

从图中可以看出，具有单波绕组的电机，不论其极数多少，只有两条并联支路，即

$$2a = 2 \tag{5-10}$$

由于单波绕组的支路数恒等于 2，因此只要两个电刷就可以把电流引出，但实际电机的电刷数仍等于极数，并用导线把同极性的电刷并联起来，其目的是减小电刷通过的电流，使电刷的尺寸和换向器的长度减小，节约材料。

另外，由于单波绕组要满足 $py_k = K \mp 1$ 的条件，所以当 $2p=4$ 时，$Z=S=K$ 必须是奇数。这时 $\frac{Z}{2p} \neq$ 整数，相应的线圈元件不会同时处在几何中线上，电刷只能通过换向器与接近几何中线的线圈元件相接触。在绕组对称的情况下，电刷安放位置应在磁极的轴线上。

四、复叠绕组

单叠绕组元件的两端是接在相邻的两个换向片上，所以 $y = y_k = 1$。如果绕组元件的两端不是接到相邻的两个换向片上，而是接到相距 m 片的换向片上，则 $y = y_k = m$（m 为大于 1 的整数），这样的绕组称为复叠绕组。复叠绕组中采用的最多的是 $y = y_k = 2$ 的双叠绕组，接法如图 5-11 所示。

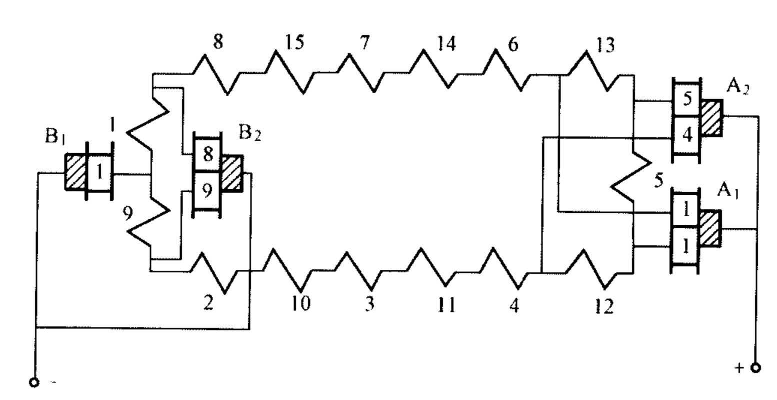


图 5-10 单波绕组的并联支路

图 5-11 双叠绕组连接示意图

元件 1 的上层边接到换向片 1 上，其尾端接到换向片 3 上（空了换向片 2 和槽 2），再从换向片 3 和元件 3 出发，接到换向片 5 上，这样隔一个换向片和一个槽继续连接下去，最后绕电枢和换向器一周，把所有单号的换向片和元件连接起来，构成一个单叠绕组；余下的双号换向片和元件以同样的规律连接起来，成为另一个单叠绕组。

如一台直流电机 $u=1$，$Z=S=K=20$，$2p=4$。接成双叠绕组，电枢的前节距

$$y_1 = \frac{Z_u}{2p} \mp \varepsilon = \frac{20}{4} = 5$$

为整距绕组，换向节距和合成节距 $y=y_k=2$，电枢的连接次序如下：

上层边 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 1

下层边 6 8 10 12 14 16 18 20 2 4

自成一个闭合回路。

上层边 2 4 6 8 10 12 14 17 18 20 2

下层边 7 9 11 13 15 17 19 1 3 5

又自成另一闭合回路。

双叠绕组的展开图如图 5-12 所示，这种电枢绕组是由两个互相交叠的完全独立的单叠绕组组成。通过换向器上的电刷将绕组连接起来，如图 5-13（a）所示。

另一种连接方法是元件数和换向片数为奇数；那么绕组从换向片 1 开始绕行一周，将奇数的元件接完后，不能接到 1 号换向片上，而必须跨接在 2 号换向片上，这样奇数绕组就不能自成闭路，而是又顺着偶数组连接下去，最后回到 1 号换向片上，如图 5-13（b）所示。

如一台电机 $u=1$，$Z=S=K=21$，$2p=4$，则电枢绕组元件的连接次序如下：

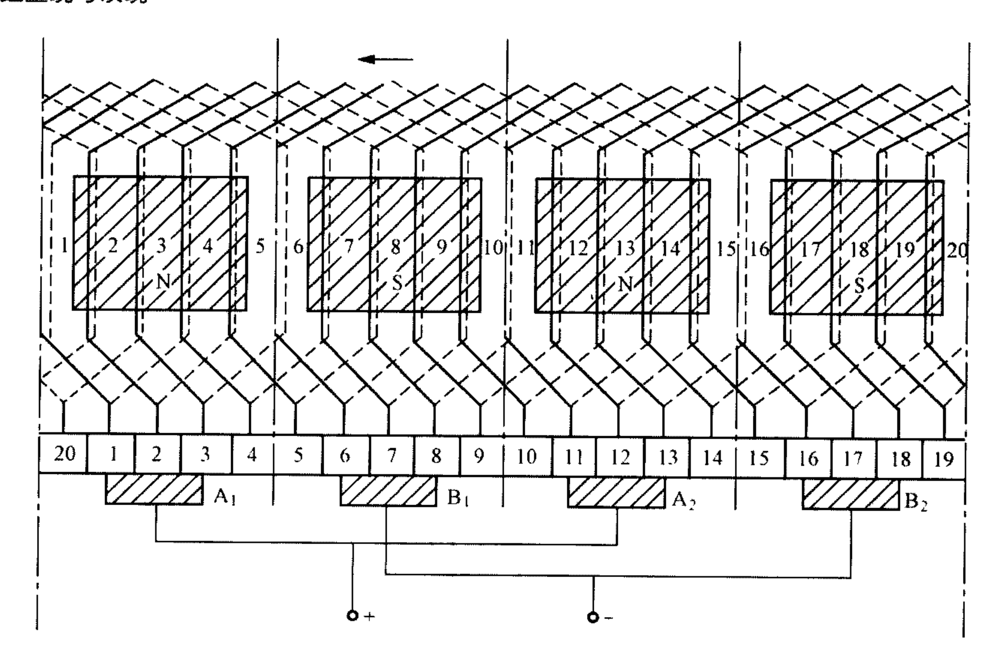
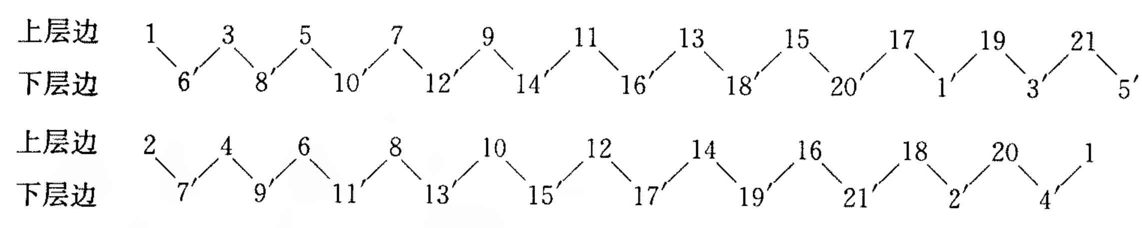


图 5-12　双叠绕组展开图



形成一条闭合回路。

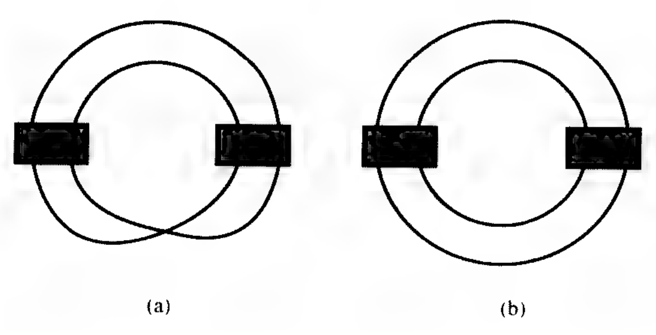


图 5-13　双叠绕组并联支路示意图

(a) 单闭路；(b) 双闭路

上述这种接法称为单闭路双叠绕组。不论单闭路或双闭路双叠绕组，它们都是通过电刷并联起来的。因此，电刷宽度一般等于或大于两个换向片的宽度，以保证能同时接触两个绕组。

复叠绕组的支路数应为各单叠绕组支路数的总和，即双叠绕组为单叠绕组的 2 倍，三叠绕组为单叠绕组的 3 倍。即

$$2a = 2mp \tag{5-11}$$

五、复波绕组

复波绕组与单波绕组的差别在于 p 个元件串联后，虽也是沿电枢和换向器绕了一周，但不是返回到起始换向片相邻的换向片上，而是回到与起始换向片相隔 2 片或 m 片的换向片上，即

$$py_{\mathrm{k}} = K \pm m \text{ 或 } y = y_{\mathrm{x}} = \frac{K \pm m}{p} \tag{5-12}$$

例如，一台直流电机，$2p=4$，$u=1$，$S=K=Z=18$，电枢绕组接成左行波绕组

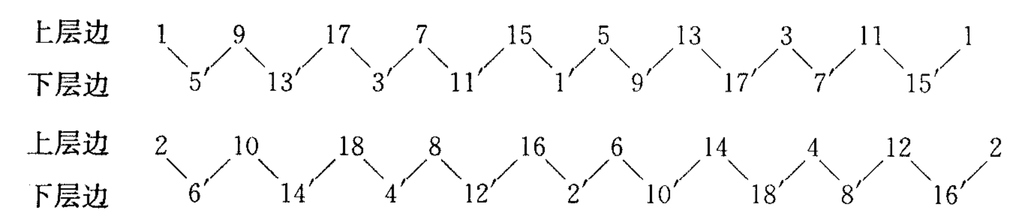
(1) 前节距　$$y_1 = \frac{Z_{\mathrm{u}}}{2p} \mp \varepsilon = \frac{18}{4} - \frac{2}{4} = 4$$

(2) 换向节距　$$y_{\mathrm{k}} = \frac{K-2}{p} = \frac{18-2}{2} = 8$$

(3) 合成节距　$$y = y_{\mathrm{k}} = 8$$

（4）后节距　　$y_2 = y - y_1 = 8 - 4 = 4$

绕组的连接次序为：



由绕组的连接可以看出，该电机为双闭路双波绕组，其绕组展开图如图 5-14 所示。双波绕组的支路数是单波绕组支路数的两倍，即 $a=2$。

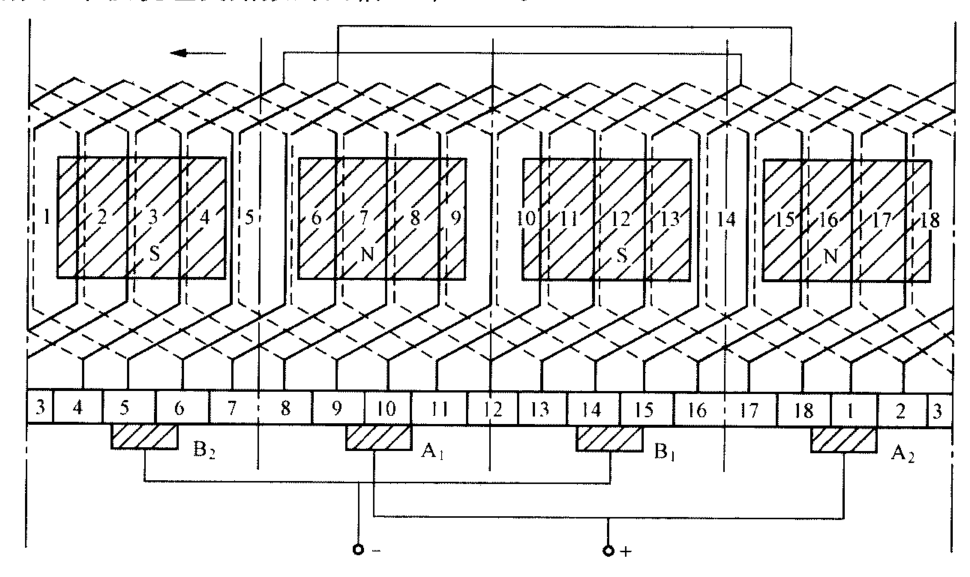


图 5-14　双波绕组展开图

和双叠绕组一样，双波绕组也可以接成单闭路双波绕组，其条件是双波绕组的换向片数和换向节距互为质数。当然复波绕组也同样可以接成 m 重的复波统组。但是闭路少些，对换向较有利，所以复波绕组采用单闭路的较多。

六、均压线

直流电枢绕组是由几条并联支路组成的，假如电机的各个参数都符合理想要求，那么各支路内感应电动势的大小应是相等的。负载时，电枢电流也将均匀分配在各支路中。但实际上由于材料的不均匀性，或由于安装时的误差、运行时轴承的磨损、转轴的微小弯曲等原因，引起磁阻不相等和各极下气隙大小的不等。这些因素会引起各支路中感应电动势不平衡，支路电流不能均匀分布，将给电机的运行带来不利的影响。为了避免这种不利情况，在容量较大的电机中，在电枢绕组内部加上均压线，使各支路电流均匀分配，保证正常运行。

1. 单叠绕组的均压线

单波绕组只有一对支路。两条支路各自所串联的元件分布在电机所有的磁极下，所以电机的磁场不对称不会引起这两条支路间感应电动势的不平衡。因此，单波绕组不需要连接均压线。

但是单叠绕组各支路的元件处在不同的磁极下，如果支路磁阻不相等或气隙不等，就会使各极下的磁通量不均等，造成支路中感应电动势不平衡。由于电枢绕组的内阻很小，较小的电动势不平衡，就会引起较大的环流。当负载时，各支路电流将严重不平衡，从而使电枢绕组总铜耗增加，电枢绕组过热，电刷下出现严重的危害性火花。因此，必须接均压线来解决这个

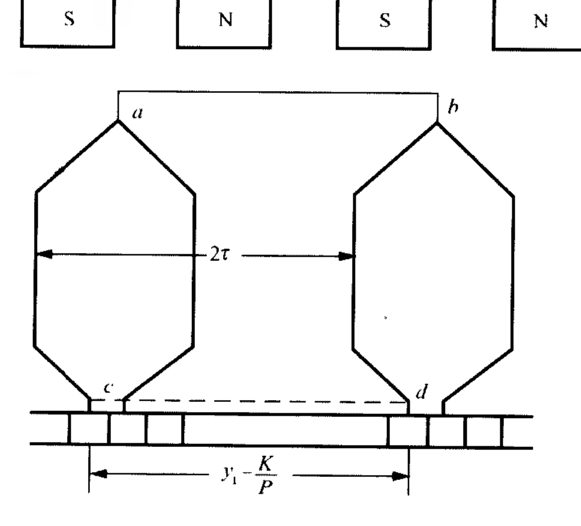


图 5-15 甲种均压线的连接

矛盾。

均压线连接的方法是将电枢绕组上电位相等的点用导线连接起来。这种连接线称为甲种均压线，如图 5-15 所示。等电位点的位置，应是处在同极性磁极下相对应位置的电枢绕组元件，它们相距两个极距。图 5-15 中 a、b 两点是等电位点，可以接均压线。可见甲种均压线的节距 y_i 可用一对极内的换向片数表示为

$$y_i=\frac{K}{P} \tag{5-13}$$

凡节距为 y_i 的两个元件上对应的点都是等电位点，实际电机的均压线接在换向器端，如图 5-15 中的 c、d 连线，或接在绕组的另一端子上，如图 5-15 中的 a、b 连线。

若各对支路间的等电位点都用均压线连接起来，共有 $\frac{K}{a}$ 条，称为全额均压线。对换向不太困难的电机可以采用 $\frac{1}{2}$ 或 $\frac{1}{3}$ 全额均压线。

2. 双波绕组的均压线

双波绕组和单波绕组一样，各支路所串联的元件也是分布在电机所有磁极下，同样电机磁场的不对称也不会引起各支路之间感应电动势的不平衡，但对双闭路复波绕组，由于电刷滑动接触电阻不均匀，使电刷与两个独立闭合回路间的接触电阻不相等，会引起两个闭合回路之间支路电流的分配不平衡。将双闭路复波绕组两个独立闭路之间的等电位点连接起来，可以消除电刷接触电阻不均匀的影响，使各支路电流的分布均衡。这种等电位连接线称为乙种均压线，其节距为

$$y_i=\frac{K}{a} \tag{5-14}$$

现以一台直流电机，$2p=4$，$S=K=Z=18$ 的双闭路复波绕组为例，说明乙种均压线的作用，该复波绕组各并联支路的等效电路如图 5-16 所示。

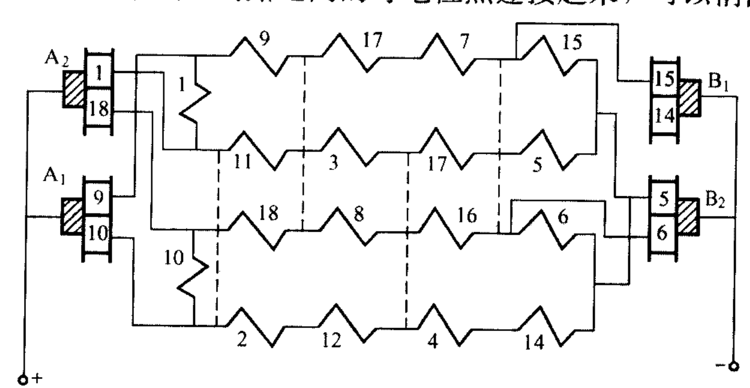


图 5-16 乙种均压线的连接

没接均压线时，各支路的电动势相等，两个独立闭路的电流分配与电刷接触电阻有关。连接均压线后，由于均压线的节距为 $y_i=\frac{K}{a}=\frac{18}{2}=9$，即 1～10，2～11，3～12，4～13，5～14…都是等电位点（这几对等电位点恰好相距一对极距，处于相同磁场位置），可连均压线，如图 5-16 中虚线所示。这样绕组内部通过均压线连接起来，电刷接触电阻的变化就不再影响各支路电流的分配。

七、混合绕组（蛙形绕组）

使用均压线能减少不平衡电流在电枢绕组中产生的铜损耗和改善电机的换向，但是均压线

使电枢绕组的结构复杂，并消耗较多的铜材。

把叠绕组和波绕组按一定规律复合连接起来，组成一种混合绕组。两套绕组嵌在同一电枢槽内，并接在同一换向器上，通过电刷两套绕组同时并联工作，这种绕组叫混合绕组，其外表像蛙形，因此也叫蛙形绕组，如图 5-17 所示。

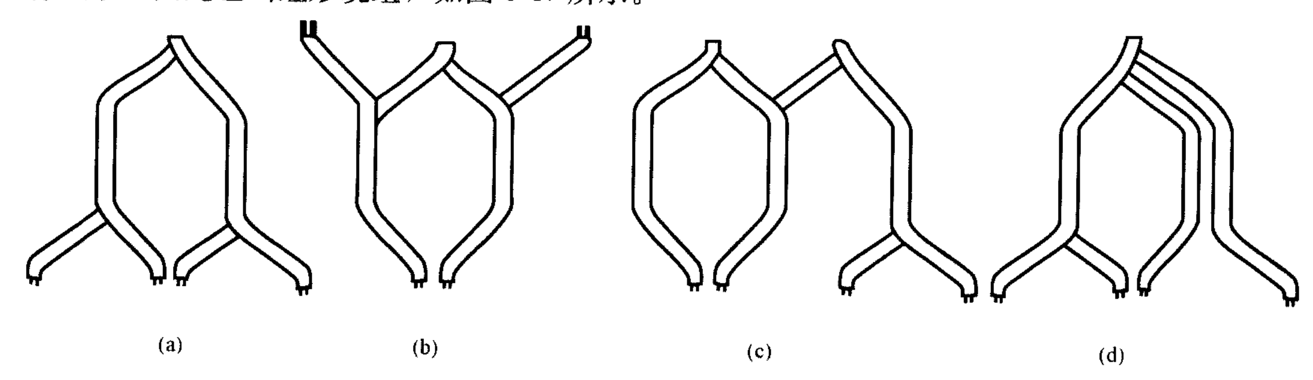


图 5-17　混合绕组元件

(a) 等距元件；(b) 后端分叉式；(c) 长式；(d) 短式

混合绕组的主要特点是波绕组对叠绕组起着甲种均压线的作用，叠绕组对波绕组起着乙种均压线的作用，不再需要另装均压线，因此在大、中型电机中得到广泛的应用。

根据蛙形绕组中单叠绕组的重数，可分为单蛙绕组、双蛙绕组和三蛙绕组等。

混合绕组怎样起到均压线的作用呢？现以单蛙绕组为例说明其原理。单蛙绕组由对称的单叠绕组和复波绕组构成，这两套绕组支路数相等，每条支路的原件数相等，两套绕组并联工作。在图 5-15 中，两套绕组元件相隔两个极距时，在它们的等电位点 c 和 d 上可接均压线，如果在这两个叠绕组中间放置一个波绕组元件，如图 5-18 所示的虚线位置，通过一个叠绕组元件和一个波绕组元件同样能把等电位点 c 和 d 连接起来，从而代替了均压线，起到甲种均压线的作用。

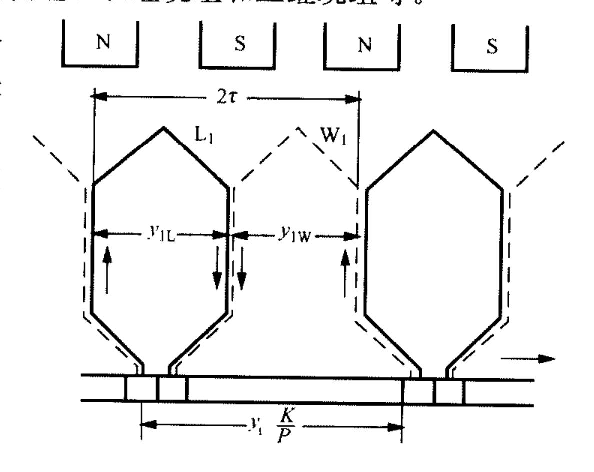


图 5-18　混合绕组的连接

对于波绕组来说，双数槽号和单数槽号中的元件分别组成两个独立的闭合回路，因此元件 L_1 和元件 W_1 又起到乙种均压线的作用。

由于混合绕组中一个叠绕组元件和一个波绕组元件要把等电位点连接起来，所以叠绕组元件的前节距 y_{1L} 和波绕组元件的前节距 y_{1W} 之和应等于两个极距，即

$$y_{1L}+y_{1W}=\frac{K}{p} \tag{5-15}$$

同样它们的换向器节距之和为

$$y_{KL}+y_{KW}=\frac{K}{p} \tag{5-16}$$

式中　L——叠绕组；

W——波绕组。

又由于叠绕组和波绕组的节距分配有下列关系

$$y_{KL}=y_{1L}-y_{2L} \tag{5-17}$$

$$y_{KW} = y_{1W} + y_{2W} \tag{5-18}$$

将以上两式两边相加，代入式（5-15）和式（5-16）可得

$$y_{2L} = y_{2W} \tag{5-19}$$

一般混合绕组中的叠绕组是采用单叠绕组，其 $y_{KL}=\pm 1$，而复波绕组 $y_{KW}=\frac{K\pm m}{p}$，两者相加得

$$y_{KL}+y_{KW}=\pm 1+\frac{K\mp m}{p}=\frac{K}{p}\pm 1\mp\frac{m}{p} \tag{5-20}$$

比较式（5-16）和式（5-20）可知，当采用右行单叠绕组时，复波绕组应采用左行绕组（或两者反之）；并且要求满足 $m=p$ 这样才能保证一个单叠绕组元件和一个复波绕组元件把两个等电位点连接起来。4 极 18 槽单叠复波混合绕组电机电枢绕组展开图如图 5-19 所示。

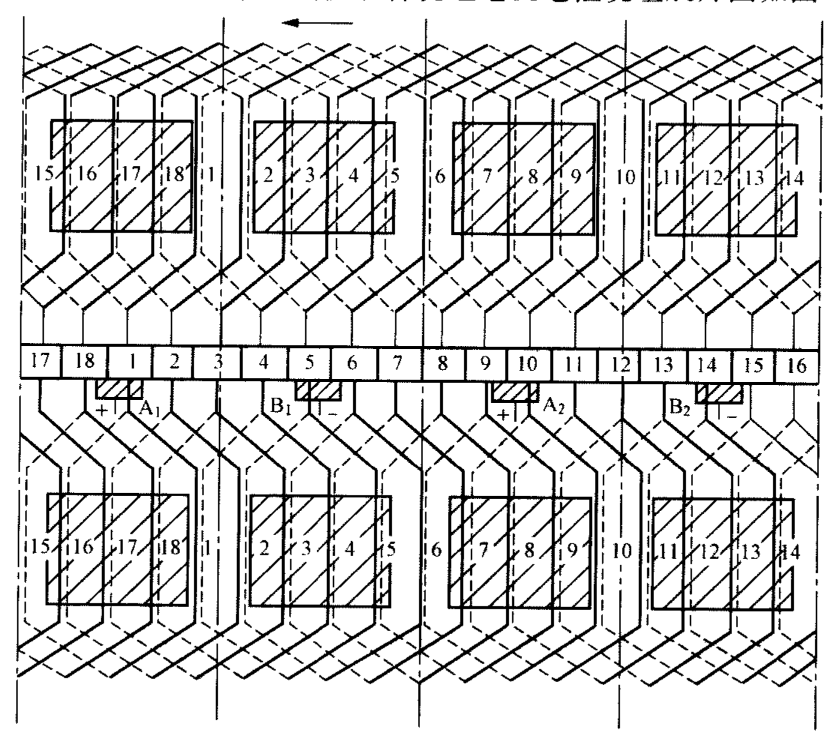


图 5 19　混合绕组的展开图

第二节　直流电机电枢绕组的重绕工艺

直流电机在下列情况下需重绕：对大型电机来说，绝缘严重老化，发生较大范围内匝间短路，绕组烧断（烧损面积较大，不易局部修理），对地多处击穿。对小型电机来说，电枢绕组全部烧毁，主磁极绕组烧毁，严重接地，短路等。重绕的步骤如下。

一、做好标记并记录数据

在拆卸电机时，应对线头、端盖、刷架等位置做好标记。然后拆开电机，进行最后一次检查，确认不能进行局部修理时，方可决定对电枢绕组（或磁极绕组）进行重绕。

1. 做好标记

在拆除绕组前应做好标记，如图 5-20 和图 5-21 所示。标出某一线圈上层边的位置，把标记冲在该槽两边齿的上、下层边的所属槽位，并做好记号。该绕组的起端有几个抽头，每个抽头所在的换向片位置，尾端所在的换向片位置，用中心冲在各个换向片上冲上记号。在拆除绕组时，还应检验做的记号是否正确。

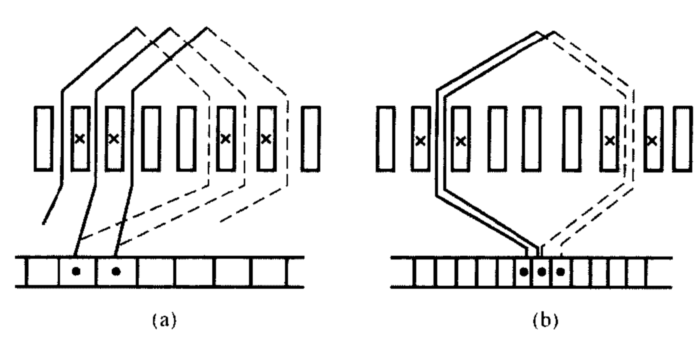


图 5-20　叠绕组槽节距记号和换向片节距记号
(a) 第一种型式；(b) 第二种型式

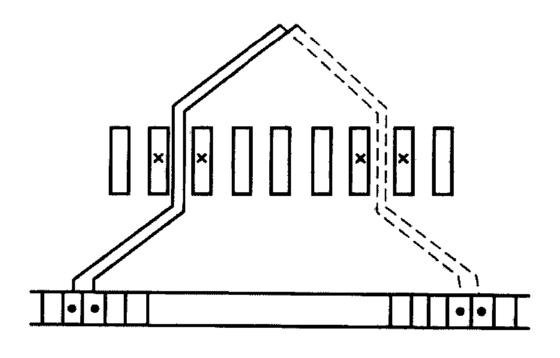


图 5-21　波绕组槽节距记号和换向片节距记号

2. 记录数据

在拆卸过程中，应详细记录原电机的各种数据，以便修理人员不致因记录欠缺而造成错误的接线，应记录的主要数据如下。

(1) 铭牌上的数据。

(2) 定子极数。

(3) 电枢绕组的节距。

(4) 换向片的节距。

(5) 电枢绕组的每只线圈的匝数和线径。

(6) 实槽数、虚构数，槽绝缘的种类。

(7) 串、并励每只线圈的匝数（对单独或同时重绕磁极线圈的电机）、线径和绝缘情况。

(8) 均压线的连接形式、线径和节距。

(9) 绕组型式，连接形式（左行还是右行），必要时最好画出电机展开图。

(10) 电枢绑扎段数，扎线的直径，绑扎的扣片数和尺寸，扎线下面的绝缘材料。

(11) 在拆除绕组时，一定要保存一个完成的线圈，为绕制新线圈作参考。

二、电枢绕组的拆除

电枢绕组的拆除方法如下。

(1) 将电枢放在支架上，使电机能够转动，便于拆线。

(2) 把钢丝箍的扣片焊开、拆平，熔化掉绑扎钢丝的始端或末端的焊锡，拆下扎线。如系玻璃丝带绑扎，可用剪刀剪断拉开。

(3) 专用工具打出槽楔；如果是小型电机可先在烘箱内加热，等绝缘漆软化后，再打出槽楔。

(4) 把电枢倾斜放置，换向器端朝下，用烙铁烫开换向器脊板上的引线头，同时把它提出。功率较大或中型以上的电机，可用喷灯来加热，将火焰对着换向片上的升高片接头处，焊锡熔化后，把线头提起来。但操作时要掌握好加热温度，不致使换向片退火。

(5) 用划线板划开槽绝缘，先取出线圈上层边。待上层边起到一个节距时，从这一线圈开始，可将线圈上、下层边同时从槽内取出，如此依次拆完所有线圈。

对半闭口槽铁心的软绕组，可先将绕组线头焊开拆下，然后加热，在拆除槽楔的同时，趁热把绕组从槽口处拆下，以保留较完整的线圈。如电枢已冷却，可采用在端部剪断，把导线顺轴向拉出。

(6) 清除电枢槽中附着的绝缘物，清除换向片间及焊接面的焊锡及杂物。

（7）整理换向器，用喷灯等加热工具，对换向器升高片或换向器接线槽进行加热，除去残余焊锡和污物。有升高片的，则应搪一下锡，再用扁钳将升高片整理好。

绕组拆除及清理完毕后，应在换向器上，用220V校验灯检查片间是否短路，换向器是否接地。有高压设备的应做（$1000+2U_N$）V对地耐压试验（U_N为额定电压）；无高压设备的，可用1000V绝缘电阻表测量对地绝缘电阻。在高压检查或绝缘电阻表检查时，可用裸铜线把换向器捆起来，这样可以同时检查所有换向片的对地绝缘。经检查无异常时，用弹性纸或布把换向器包扎好。

三、绕制线圈

1. 软线圈绕制

小功率直流电机的电枢线圈多用软导线绕制，这种线圈称为软线圈（圆导线散下线圈）。绕制软线圈时，常用图5-22（a）所示的活动线模。模心的轮廓尺寸如图5-22（b）所示。这种绕线模的尺寸，可按式（5-21）～式（5-23）估算

模心宽度
$$A = y_2 t_2 \left(1 - \frac{h_2}{D}\right) \quad (5\text{-}21)$$

模心长度
$$L_1 = L_a + 0.4A \quad (5\text{-}22)$$
$$L_2 = L_a + 30 \quad (5\text{-}23)$$

式中 y_2 —槽节距（以槽数计算）；

t——槽距，$t_2 = \frac{\pi D}{Z}$，mm；

h_2——齿的高度，mm；

D——电枢外径；

Z——总槽数；

L_a——电枢铁心长度，mm。

图5-22模心尺寸中，R_1可取15mm，R_2可取5mm。线圈的绕制方法，见第二章。绕好的梨形槽散下线圈如图5-23所示。从模子上取下时，为了避免散开和变形，可先把线圈用纱带扎紧。

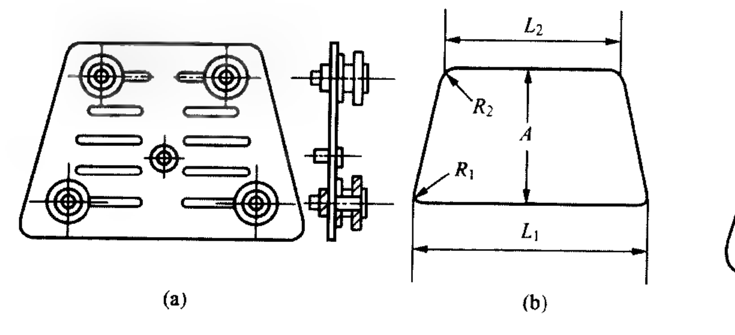


图5-22 软线圈活动线模
（a）活动线模外形；（b）模心尺寸

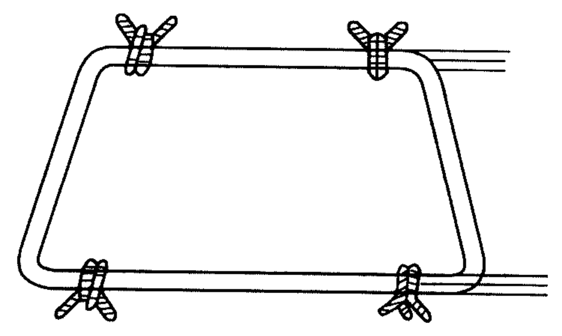


图5-23 梨形槽散下线圈

2. 硬线圈绕制

大、中型直流电机的电枢线圈，一般采用硬线圈（扁导线）。其线模可采用硬线圈活动线模，如图5-24所示。

其模心轮廓尺寸如图5-24（b）所示，其尺寸可按式（5-24）估算
$$L = 1.45\tau + L_a \quad (5\text{-}24)$$

图 5-24 中取 $R \geqslant 5$（mm）。

绕线时将线模通过中心孔装在绕线机上，将两则长槽中的定位螺钉和圆柱套按所绕线圈的尺寸固紧，元件绕在两个圆柱上。线圈绕好后，从模上取下，用布带将元件两端半叠包一层，在槽部疏包一层。

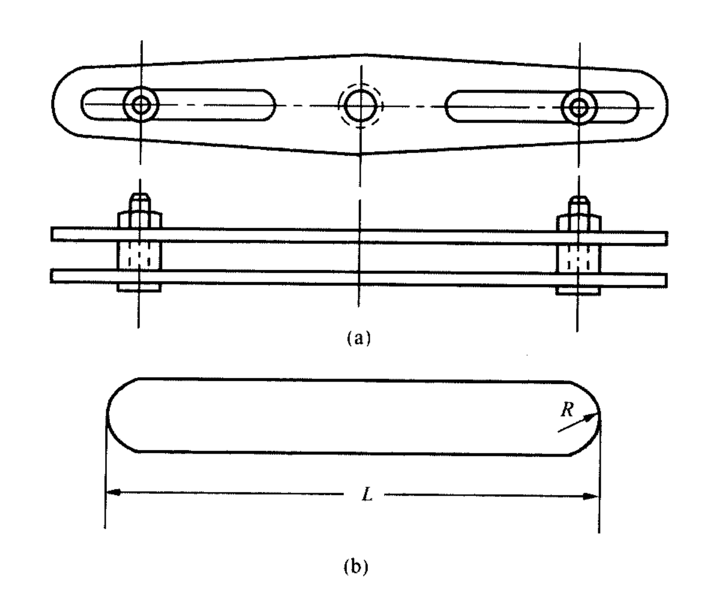


图 5-24　硬线圈活动线模
（a）外形；（b）模心轮廓

硬线圈成型工具如图 5-25 和图 5-26 所示。图 5-25 所示为鼻端弯头工具，它由两块铁板或层压布板制成，中间夹有绕线半径的圆柱销钉。改变圆柱销钉与圆弧间的距离，可以得到不同的弯头形状。

拉开工具如图 5-26 所示，由两块木板组成。上、下板中均刻有线槽，槽的宽度为线圈的宽度；槽的深度为线圈一边的高度与绕制弯曲半径 R 的和；木板的宽度应为线圈直线部分的长度，木板槽口应修出线圈的转角半径。

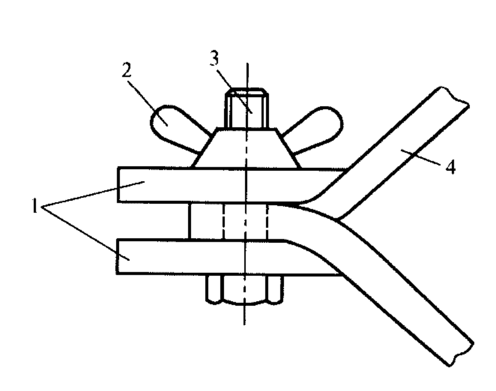


图 5-25　鼻端弯头工具
1—夹板；2—螺帽；3—螺杆；4—导线

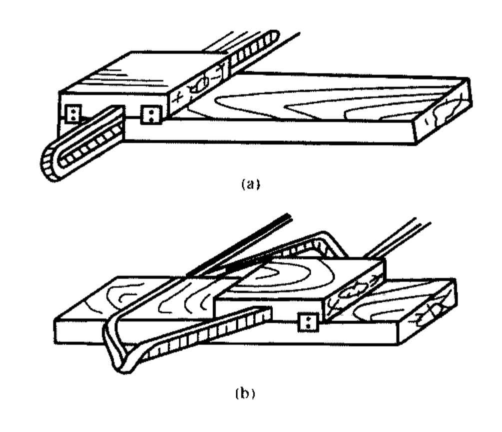


图 5-26　拉开工具
（a）线圈装入后未拉开时；（b）线圈拉开后

线圈绕好后即可拉形，先把线圈装入拉形板内，如图 5-26（a）所示。然后把上面一块拉板平形用力拉开，拉到所需的节距尺寸为止（同一个电机的所有元件拉制方向相同）。在没有拉开线圈之前，应把鼻端弯头工具夹在线圈的鼻端，这样拉制的线圈鼻端一致。

经过拉形后，线圈元件的端接部分仍然是直的，为使元件能合适的嵌入线槽内，并保证绕组端部圆整，可以制作木制压模，如图 5-27 所示，按照电枢绕组的有关尺寸，把线圈的端接部分打弯成弧形，使元件能正确的嵌进槽内，嵌入槽内元件的端部如图 5-28所示。

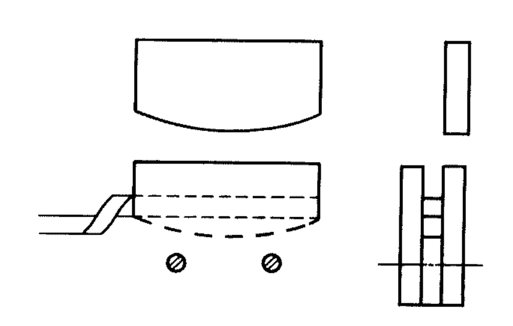


图 5-27　端部弧形压模

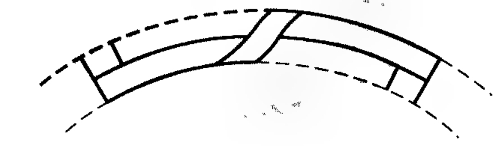


图 5-28　嵌入槽内元件的端部

用绕制模绕线圈时（不论软线圈还是硬线圈），必须先绕一只试验性的元件，把它放入槽中，检查一下尺寸是否合适，如果尺寸合适，然后再绕其余元件。

3. 单匝硬线圈的制作

单匝硬绕组通常由单根或多根绝缘的扁导线或裸扁导线制成的绕组元件或半元件（杆形元件），杆形元件的制作方法见第二章。

由裸导线制作线圈，成形后应对裸导线包线匝绝缘。A 级绝缘通常半叠包白绸带或棉纱带一层；B 级绝缘用玻璃丝带或醇酸云母带半叠包一层；H 级绝缘用玻璃丝带半叠包一层并浸改良硅有机漆或包玻璃云母带。

修理低电压大电流直流电机，应尽量利用原有线圈，将线圈导线经过退火处理，把原绝缘剥落，然后用布擦干净，按照原绕组的绝缘等级包好后可继续使用。

（1）叠绕组元件。按拆下的旧绕组的各种尺寸，做出一个单叠硬绕组成形线模，如图 5-29 所示。按实测的线圈周长加 20mm 下料，将 n 根导线并在一起，弯出鼻端，如图 5-30（a）所示。然后放入鼻端弯形工具将导线分开并沿弧面打服贴，如图 5 30（b）所示。

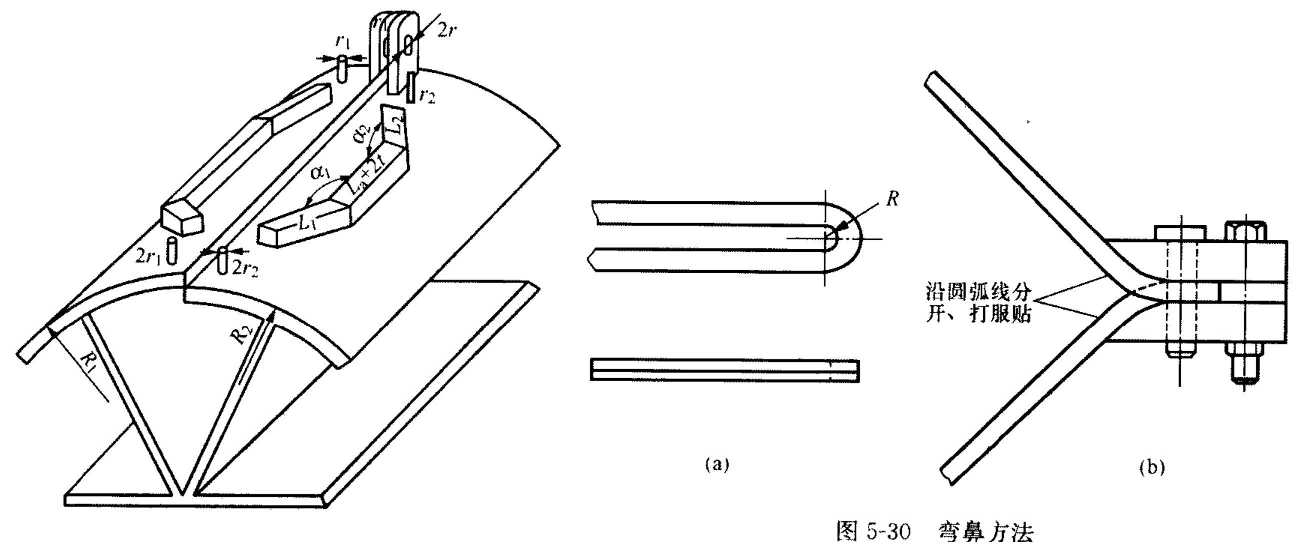


图 5-29 单叠硬绕组成形线模

图 5-30 弯鼻方法

（a）弯鼻前样式；（b）弯鼻时的样式

将弯好鼻端的导线放入成形模并穿好半径为 r 的销钉 $2r$，再拧入两个定位销 r_1 和 r_2，用木锤将导线沿弧形板打服贴，可在靠山 L_2 上打弯，并继续弯制（L_a+2t）段和 L_1 段。弯好 L_1 段后，拧入两个定位销 $2r_2$ 和 $2r_1$，使导线沿定位销弯出圆弧，并校正端线（如图 5-29 所示）。

如果此线圈由两个元件构成，则在单叠情况时，其第一个元件的末端与第二个元件的首端线应在一直线上，其线圈外形如图 5-31 所示。

（2）波绕组线圈。制作方法和叠绕组差不多，不同点是图 5-29 的成型板的定位板应按图 5-32 的样式布置。鼻端弯好并成形后，放入成形模上，固

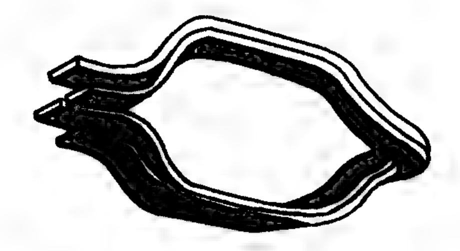


图 5-31 单叠硬绕组成形线圈

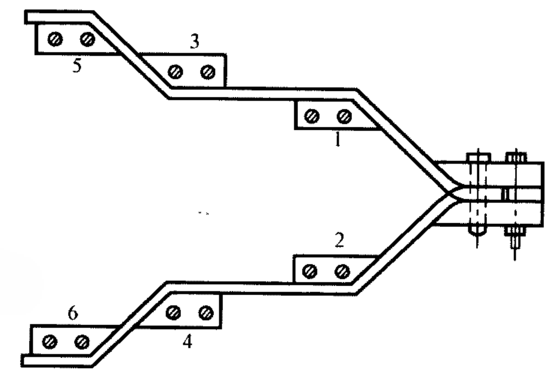


图 5-32 单波绕组线模及弯制方法

定鼻端，按尺寸装上第3、4号定位板，以次类推，直到把绕组弯好为止。

如果元件为绝缘导线，弯曲时应垫一定厚度的铜片。绕组成型后，处理好绝缘，并按要求尺寸剪成一样长，接线部位刮去绝缘层，进行搪锡。

四、对地绝缘的置放

散嵌绕组的绝缘应在下线前置放在槽内，其绝缘等级应和原来的槽绝缘相同，置放的方法与三相异步电动机相同。硬绕组元件的绝缘一般直接缠在线圈上，其绝缘等级和制作方法见表5-1。

表5-1　硬绕组绝缘等级及制作方法

额定电压	绝缘等级	制作方法
500V	A	槽部为0.13mm厚的黑云母带，叠包两层，端部用0.22mm厚白布带$\frac{1}{2}$叠包一层；直线部分用0.15mm厚云母纸$2\frac{1}{4}$层或$2\frac{1}{2}$层卷包，端部用0.15mm厚的黑云母带$\frac{1}{2}$叠包一层
	B	槽部绝缘为醇酸（黄）云母带或环氧粉云母带；端部玻璃丝带或云母带半叠包一层
600V	B	槽部用0.14mm厚醇酸云母带$\frac{1}{2}$叠包2层或0.2mm厚的醇酸云母箔卷包$2\frac{1}{4}$层
1000V	B	槽部用0.14mm厚醇酸云母带或环氧粉云母带$\frac{1}{2}$叠包三层，外面平包0.2mm厚玻璃丝带一层或$\frac{1}{2}$叠包0.1mm厚的玻璃丝带一层；端部用0.14mm厚醇酸云母带$\frac{1}{2}$叠包1～2层，外包0.1mm厚玻璃丝带$\frac{1}{2}$叠包一层
	F或H	F级的大型电机，用0.05mm厚聚酰亚胺薄膜$\frac{1}{2}$叠包4层，中、小型F、H级电机材料同上，只是可以少包一至两层

五、嵌线

除了极小型的电枢采用在铁心直接缠绕线圈外，一般的直流电机绕组都是先绕成线圈再下到槽内去。较小容量的直流电机，有的是用圆铜线绕成多匝元件，这种绕组的嵌线工艺已在第二章中做了详细介绍。中、大型容量的电枢绕组，一般采用硬绕组。由于直流电枢绕组在下好线以后，线圈端头要接到换向片上，这就要求铁心槽、换向片及线圈出头的相对位置有一定的关系，而不能任意连接。结构简单的小型电机，电刷固定在端盖上，位置不能调整，这时从槽内出来的线圈端头接到哪一个换向片上就有一定要求。因此，在拆卸旧绕组时，一定注意做好记号。

电枢绕组的下线工艺，按电机容量、绕组型式、线径大小等因素的不同而不同，圆线散嵌绕组和硬绕组的叠绕组、波绕组的嵌线方法和三相异步电动机基本相同。下面主要介绍直流电机电枢绕组的一般下线规律和蛙形绕组的嵌线工艺。

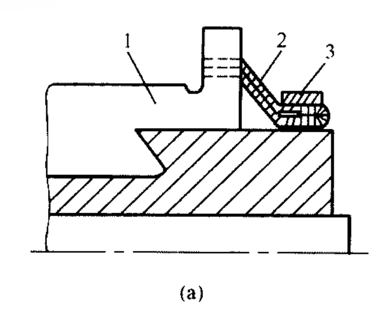
1. 嵌线的一般规律

（1）按照表5-2选择绝缘材料，在电枢的前后支架上绑扎好绝缘。

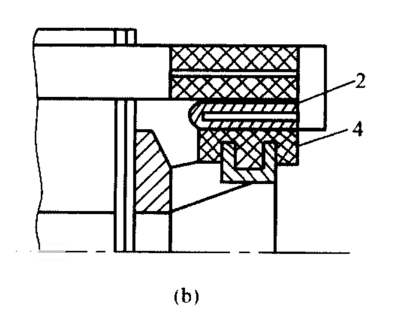
表5-2　绕组端部支架与端部层间绝缘材料

绝缘等级	端部支架与端部层间绝缘
B级	聚酯薄膜玻璃漆布 醇酸玻璃柔软云母板或醇酸云母带
F级	聚酰亚胺薄膜玻璃漆布 F级柔软云母板或硅有机玻璃云母带
H级	聚酰亚胺薄膜—聚酰胺纤维复合板 硅有机粉云母板或硅有机玻璃云母带

（2）若电枢绕组上连有均压线时，而且均压线在换向器端，可按所标记号，两端搪锡后，把均压线和换向片连接起来。均压线的绝缘应和电枢绕组一致，要求鼻端在同一平面，垫好下层绝缘，然后安放在线圈支架上。最后上层垫一层绝缘纸，用钢丝或无纬带进行绑扎，如图5-33所示。



(a)



(b)

图 5-33 均压线的位置和绑扎

1—换向片；2—均压线；3—绑扎钢丝；4—支架

（3）安放槽绝缘或槽底垫条，开始下的几只线圈，只能先下下层边。下线的时候，应使线圈伸出槽口两端的直线部分一样长，而且端接部分的形状及分布要均匀，否则，待绕组下多了之后，越下越困难。

（4）将绕组下层引头放在作标记的换向片槽缝里或升高片的并头套内，绕组上层引线头暂时竖起来，使它不碰换向器。

（5）下线工作进行时，不要忘记端接部分上下层之间的衬垫绝缘。

（6）当绕组的下层边下到一个槽节距的时候，可以开始下该线圈的上层边。应用打板将线圈槽内部分打平整，并将余出槽外的槽衬剪去，然后折转槽衬使其紧贴线圈边，放入槽楔下垫条，打入槽楔。以次类推，把绕组下完。

（7）最后对端部进行整形，并在上层线圈引头间插入绝缘，使线头紧固和隔开。用万用表电阻挡找出同一只绕组的上、下层引线头，按照换向器节距将上层引线头放到相应的接线槽内。

2. 蛙绕组下线

蛙绕组的下线，可看成是波绕组和叠绕组下线的总和。因蛙绕组中波绕组和叠绕组绑扎在一起，如果绕组整形很好，按原来槽和换向片的记号下线很容易。先下第一个波绕组的下层边，线头穿在所对的换向器升高片里，然后找到第一个叠绕组的下层边所在槽，并将其下入槽内，把线头插入对应的换向器升高片里。然后依次下第一个节距范围内的波、叠绕组，将上层线圈留在槽外。在下第二个节距的绕组时，波、叠绕组的下层边放下槽内后，其上层边即可放到第一节距内相应的下层边上，并注意置放上、下层的端部绝缘，在槽内放上、下层层间垫条。

在下最后一个节距的波叠绕组线圈时，需将第一个节距内的上层边向外扳开，将下层边放入槽内后，再将第一节距内的相应的上层边下入槽，直至结束。最后将多余的线头除去，如图 5-34 所示，用薄片铣刀铣切。

六、换向器和电枢绕组的焊接

换向器和绕组的焊接是一道重要工序，操作要小心，要防止虚焊、假焊和夹生焊的出现，注意防止小锡粒留在片间，引起换向片短路。为了避免损坏接头处绝缘，在选用焊剂时不要用酸性焊剂，一般用松香酒精溶液。

焊接时，应使换向器端略低些。选择烙铁头的尺寸应该比焊接的接触面尺寸大，大致形状如图 5-35 所示，

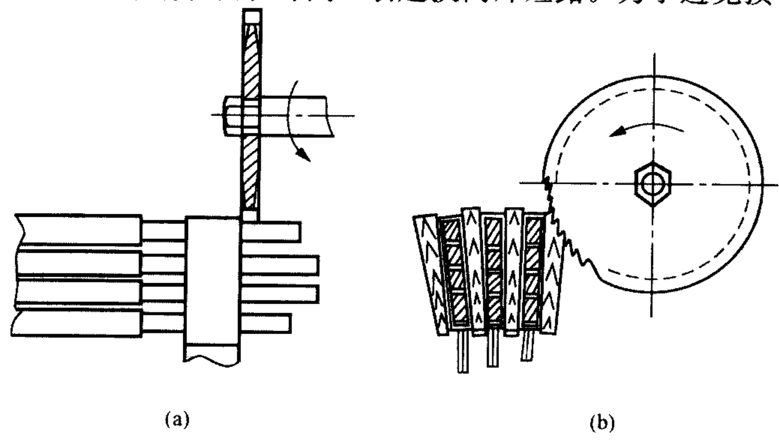

(a) (b)

图 5-34 用铣刀切割多余的线头

(a) 侧面图；(b) 正面图

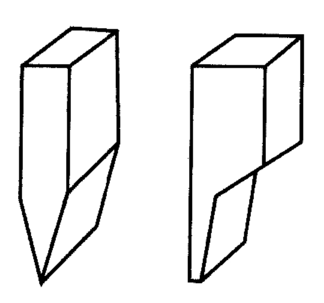


图 5-35 烙铁头的形状

焊接的一般步骤如下。

（1）将伸出换向片接线槽或升高片并头套的导线接头切去，如图 5-34 所示，同时涂上松香油精溶剂，烙铁头上粘上一些锡，以利传热。

（2）当加热到接触面能熔化焊料的时候，在焊接面上加些松香粉，然后加上适量的焊锡，直至焊锡熔化充满焊接部位的缝隙。

（3）如用烙铁焊接时，可备用几把同样尺寸和形状的烙铁，轮流调换加热。

（4）对采用升高片的接线槽时，必须在升高片之间插上梯形木楔，使升高片不致偏斜。焊接升高片的方法有两种：一种是把烙铁插入升高片相邻两片之间加热，如图 5-36 所示；另一种是用炭精钳烙铁加热，然后焊接。

（5）焊完后要做好清理工作，并检查焊接质量，察看焊缝是否充满焊锡，有无锡瘤和片间短路，测量片间电阻是否正常。端部线圈的绑扎见第二章绕线式异步电动机的绑扎。

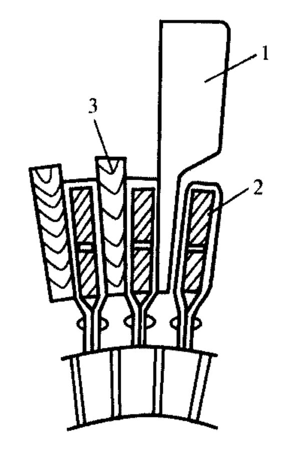


图 5-36　升高片和引线的焊接
1—烙铁；2—绕组引线头；3—木塞

第三节　直流电机定子绕组的重绕

一、并励线圈的绕制方法

直流电机的并励线圈一般用绝缘漆包线或矩形导线绕在线模上。小型电机并励线也有的绕在线圈框架上。

1. 绕线木模的制作

线模由模心和挡板两部分组成，如图 5-37 所示。绕线模的尺寸可根据原绕组的尺寸或直接测量磁极铁心而定。由于安装间隙及对地绝缘等原因，线模长、宽要比磁极铁心适当大些，确定线模尺寸的经验数据见表 5-3。

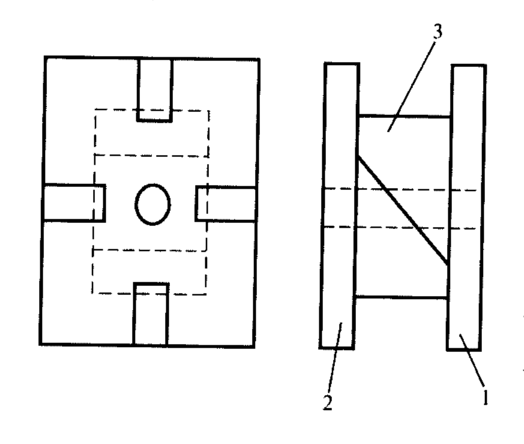


图 5-37　励磁绕组的线模
1—前挡板；2—后挡板；3—分瓣活络模心

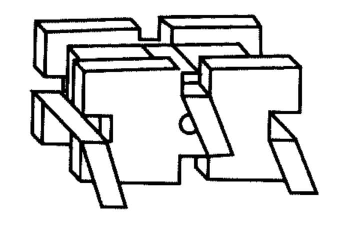
表 5-3　　线　模　尺　寸

磁极铁心长（mm）	模心比铁心放宽（mm）	模心比铁心放长（mm）
100 以下	6	8
100～200	7	10
200 以上	8	12

2. 线圈绕制方法

一般的并励绕组匝数较多（少则几百匝，多则几千匝），而线圈的匝数和线径与产生的磁通势大小有关。绕线前必须核实线径与原绕组的线径是否相同，并要查明原绕组的匝数。

绕制时先将线模固定在绕线机上，在挡板处放置绕组扎带如图 5-38 所示。开始绕线，绕到一定层数时（视线径的粗细），将各


(a)

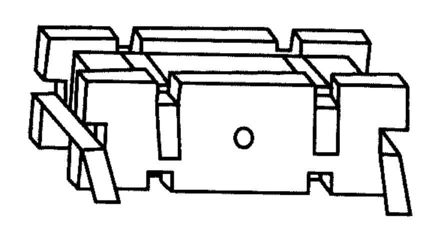

(b)

图 5-38　绕组扎带的安放
（a）四槽式；（b）六槽式

边上的扎带回折一次，然后再绕。当绕到线圈厚度的$\frac{1}{4}$或$\frac{1}{5}$处时，拉紧各边上的扎带，这样隔几层（或一层）扎带回折一次直至结束，当绕到最后一层时，把扎带弯成扣形，压住最后的那根导线。

绕组的绕法有排绕和齐绕两种。线径0.5mm以下者，可采用排绕法。绕时用手拉紧导线，一根线靠一根线绕制。这样绕法导线排列不很整齐，但不准乱绕。线径0.5mm以上者，可采用齐绕法。绕时，导线排列要整齐，当绕完第一层后，调节夹板压力使第二层导线的拉紧程度比第一层松些，或每绕完一层垫一层薄纸，不然第二层的导线会勒进第一层的线缝里。

二、串励绕组和换向极绕组的绕制

串励绕组和换向极绕组都串联在电枢回路当中，其电流比较大、匝数较少，所用导线有绝缘漆包圆铜线、双玻璃丝包扁线、裸铜排或铝排。由于用的材料不同，绕制方法也不同。

1. 绝缘圆导线串励绕组的绕制

串励绕组如采用漆包圆导线，其绕制方法和并励绕组相同。有些小功率电机的串励绕组，可以直接绕在并励绕组的外面，两种绕组应用绝缘隔开，以免短路。

2. 绝缘扁导线串励绕组的绕制

一般可利用并励绕组的线模绕制。为使绕组引线头连接方便，而且不致使内头从里向外拉造成短路，要求内、外两根引线的线头部放在绕组的外层表面，这样进行正、反面绕线，如图5-39所示。例如，串励绕组共16匝，分4层，每层4匝。

绕第一层时先按4匝导线的总长加引线长度，进行反绕，如图5-39所示，按4、3、2、1的顺序绕制，绕完后扎住线头1。然后将另一线头按5、6、7顺绕内层，第二层从下至上8、9、10，第三层可按图中顺序绕完，将尾头16扎住，最后把线圈从模上取下，进行包扎。

3. 裸扁铜线串励和换向极绕组绕制

串励绕组或换向极绕组如采用裸扁铜线绕制，因其宽而薄，且要平面立绕，就需要专门的工具，如图5-40所示，绕制步骤如下。

（1）先将扁铜线退火。方法是先将铜线加热到600℃，1～2h后投入冷水。

（2）将扁铜线放进圆柱1上的弯圆角扳手内，同时把销钉插入圆柱1孔中。利用扳手的压紧螺丝和垫板压住扁导线，使之不能移动。圆柱2也做同样的处理，把圆柱2上的扳手搬

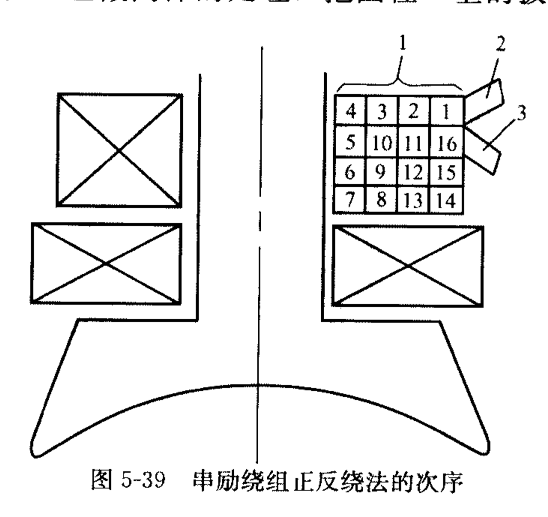


图5-39 串励绕组正反绕法的次序

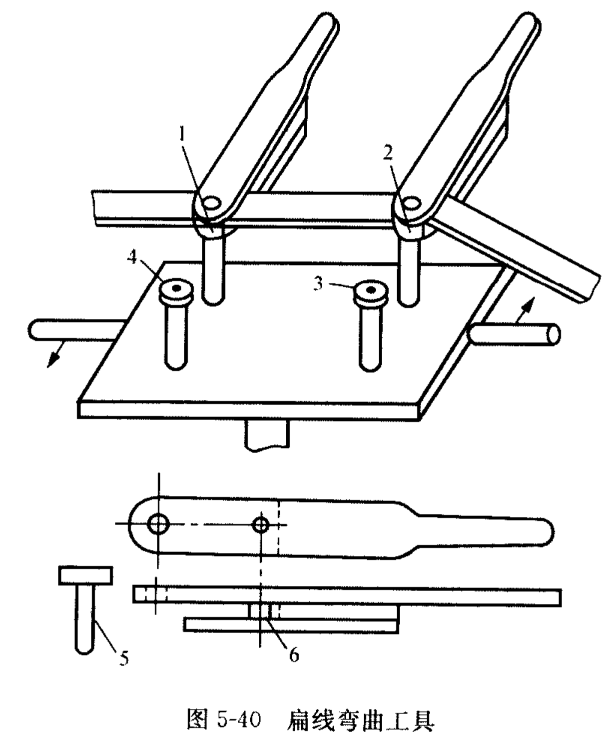


图5-40 扁线弯曲工具

1、2、3、4—圆柱；5—销钉；6—滑轮

动 90°，移至圆柱 3，再从圆柱 3 用扳手搬动 90°，这样直到线圈绕完。

（3）切除多余铜线，取下线圈再进行第二次退火及整形。

（4）两引线头钻孔搪锡，垫好匝间绝缘进行包扎。

换向极绕组重绕时，可采用图 5-41 所示的方法进行。其方法与上面讲的基本相同，只是在弯角时，可用气焊先烘烤，趁热将导线弯曲成形。

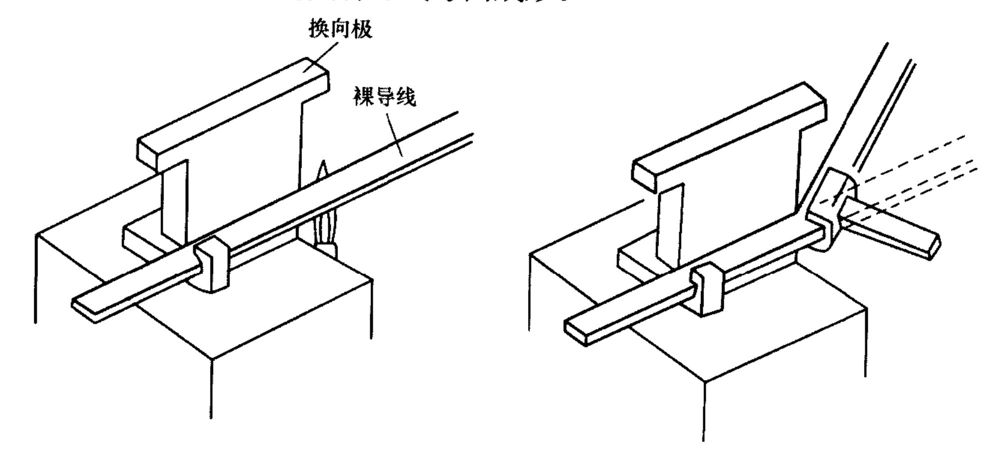


图 5-41　换向极裸扁线手工绕制

第四节　直流电机绕组空壳重绕和改绕的计算

一、直流电机电枢空壳重绕计算

对电机绕组已拆除，且铭牌丢失，原数据无法查知的情况就必须重新计算电机的各种必要的参数，空壳重绕同样可以采用对比法和计算法。

对比法可参照第二章三相交流异步电动机的方法进行。值得注意的是，在采用对比法时，要以电枢直径和长度为主来确定电枢绕组的数据。

计算法的计算程序如下。

1. 估算额定功率

电枢的直径 D_a 一般随 P_N/n_N（额定功率比额定转速）值的增大而增大，如图 5-42 所示。电枢铁心直径可通过实测得到，通过图 5-42 和图 5-43（中型电机 ZF2、ZD2 的 D_a 与 P_N/n_N 关系曲线）就比较容易得到 P_N/n_N 值，通过计算，可得到额定功率，方法如下。

如空壳电机直径 $D_a=21\text{cm}$，查图 5-42，其 P_N/n_N 的值为 $10\text{W}/(\text{r/min})^{-1}$。由图还可看出，该电机的极数 $2p=4$，因此其同步转为 1500r/min，所以估

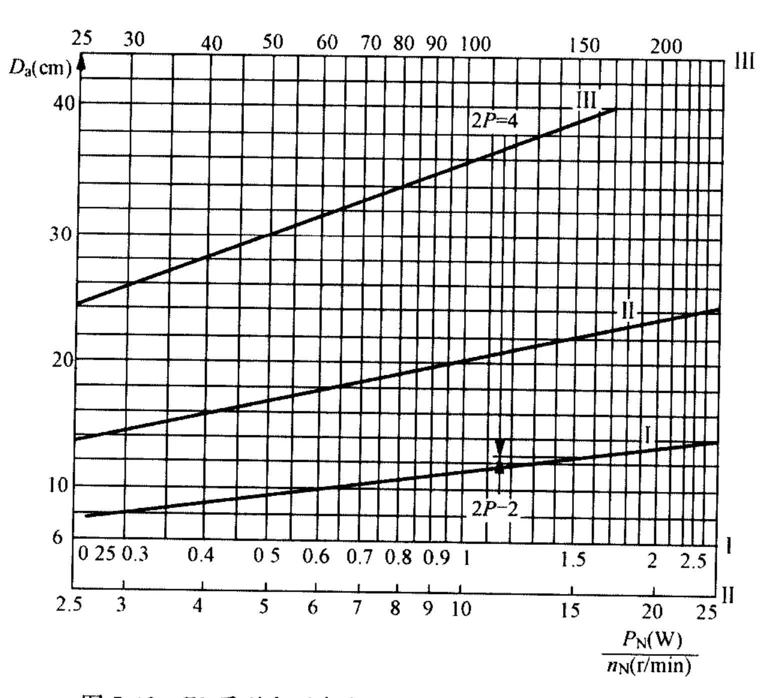


图 5-42　Z2 系列小型直流电机 D_a 与 P_N/n_N 关系曲线

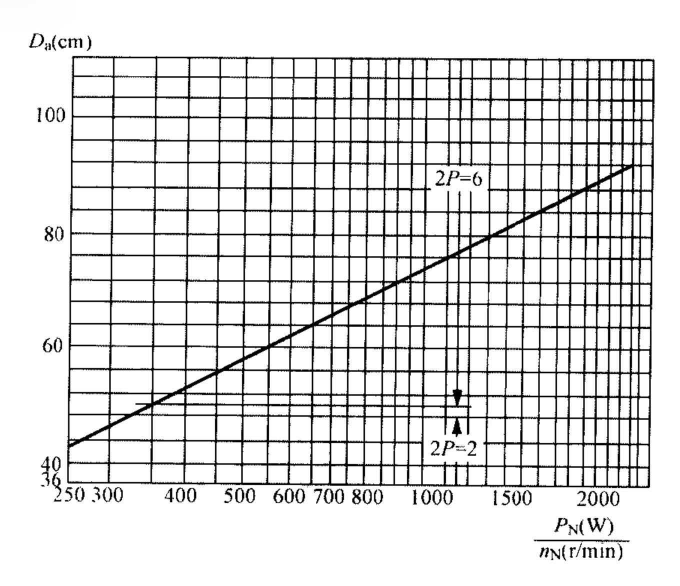


图 5-43 ZD2 和 ZF2 系列电机 D_a 与 P_N n_N 关系曲线

计电机的额定功率为

$$P_N = n_N \cdot 10 = 1500 \times 10$$

$$= 15 \times 10^3 = 15(\text{kW})$$

在表 5-4 取最接近的数值为 14kW。

2. 估算电枢额定电流

在额定运行情况下，电磁功率 P_M 与输出功率很接近。对中、小电机来说，$P_M=(1.02\sim1.1)P_N$，取 $P_M=1.04P_N$ 则电磁功率为

$$P_M = E_{aN} I_{aN} \times 10^{-3} = 1.04P_N$$

$$= 14.56\text{kW}(\text{取 } 15\text{kW}) \qquad (5\text{-}25)$$

因电枢电动势 E_{aN} 与端电压 U_N 接近（中、小型电机 $U_N=0.85\sim0.95E_{aN}$），取 $U_N=230\text{V}$，则

$$I_{aN} = \frac{P_M \times 10^3}{E_{aN}} = \frac{15 \times 10^3}{230 \times 0.95} = 68(\text{A}) \qquad (5\text{-}26)$$

3. 电枢有效导体数

（1）电枢绕组的支路电流

$$I_{aZ} = \frac{I_{aN}}{2a} = \frac{68}{4} = 17(\text{A}) \qquad (5\text{-}27)$$

（2）线负荷

$$A = \frac{\frac{I_{aN}}{2a}N'}{\pi D_a} \qquad (5\text{-}28)$$

式中 π——3.14；

N'——有效导体数。

（3）有效导体数

$$N' = \frac{\pi D_a A \cdot 2a}{I_{aN}} \qquad (5\text{-}29)$$

式（5-29）中线负荷 A 与直径 D_a 的关系如图 5-44 和图 5-45 所示。

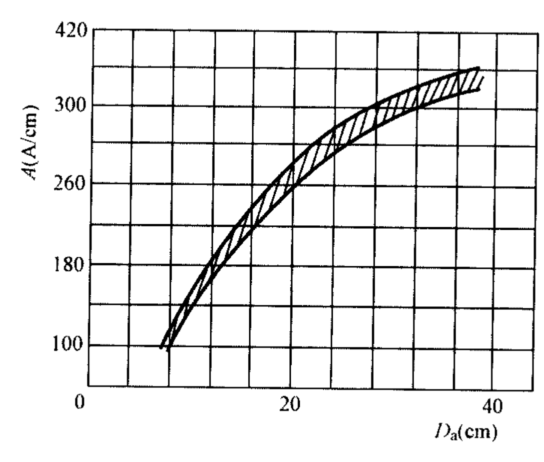


图 5-44 Z2 系列电机线负荷 A 与直径 D_a 的关系曲线

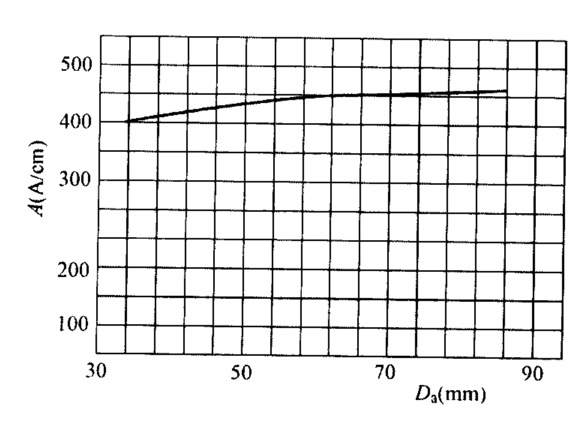


图 5-45 ZF2 系列电机线负荷 A 与直径 D_a 的关系曲线

从图 5-44 中查出，线负荷 A 为 270，该电机的有效导体数。

$$N' = \frac{3.14 \times 21 \times 270 \times 4}{68} = 1047$$

（4）每槽的有效导体数

如电机槽数为 27 槽，则

$$N_s = \frac{N'}{Z} = \frac{1047}{27} = 38$$

4. 电枢绕组元件的匝数

因每个槽有上、下两层，故有 $N_s/2$ 个有效导体。若槽中每层有 n 个元件边，那么电枢绕组的元件匝数为

$$W_a = \frac{N_s}{2u} \tag{5-30}$$

式中　$u=\frac{K}{Z}$，$N=N_sZ$，式（5-30）可写成

$$W_a = \frac{N}{2K} \tag{5-31}$$

数出换向片数可算出 W_a 的值，如采用扁铜线，W_a 应取整数，若由式（5-30）算不出整数，应凑成整数，并重算 N_s、u 和 N 等值。

5. 电枢绕组导体截面积

因支路电流已算出，中、小电机的电枢绕组的电流密度 j_a 一般取 4.5～7.5A/ mm^2，所以电枢绕组导体的截面积 S_a 为

$$S_a = \frac{\frac{I_{aN}}{2a}}{j_a} \tag{5-32}$$

二、并（他）励绕组的估算

在估算并（他）励绕组时，必须计算出每极的气隙磁通 Φ_N。因为无铭牌空壳电机的各部分铁心材料的质量参数不易获得，且电机内的磁路很不规则，各部分的磁场强度很难准确确定，所以采用经验公式和估算的方法较为简捷。

1. 气隙磁路的估算

根据以上电枢绕组的计算数据和确定的各种参数隙磁通 Φ_N 为

$$\Phi_N = \frac{U_N}{C_e n_N}(\text{Wb}) \tag{5-33}$$

$$C_e = \frac{PN}{60a}$$

式中　C_e——电机常数；

P——极对数；

N——电枢绕组导体数；

a——电枢绕组并联支路数；

n_N——电机额定转速。

气隙磁通密度 B_δ 为

$$B_\delta = \frac{\Phi_N}{a_\delta \tau l_{ta}}(\text{T}) \tag{5-34}$$

式中　a_δ——极弧系数（一般取0.62～0.72）；

τ——极距，cm；

l_{ta}——电枢铁心有效长度，cm。

气隙磁势 F_δ 为

$$F_\delta = 0.8 k_\delta \delta B_\delta \tag{5-35}$$

式中　δ——气隙长度，cm；

k_δ——$\dfrac{t_{Z1}+10\delta}{b_{Z1}+10\delta}$ 气隙系数；

t_{Z1}——电枢齿距，cm；

b_{Z1}——电枢齿宽，cm。

励磁绕组磁势可根据经验公式得出

$$F_f = (1.1 \sim 1.3) F_\delta \tag{5-36}$$

2. 绕组计算

并励绕组导线截面积 S_f

$$S_f = \frac{2PL_{mf}F_f\rho K_e}{U_N} \tag{5-37}$$

式中　L_{mf}——并（他）励绕组的平均匝长，可根据磁极铁心估算；

ρ——绕组导线电阻率；

K_e——励磁安匝余量，电动机取1.05～1.15，发电机取1.2～1.3。

励磁电流 I_{fN} 为

$$I_{fN} = S_f J_f \tag{5-38}$$

式中　J_f——并（他）励绕组电流密度。用铜导线时，对大中型电机可取2～3A/mm²，对小型电机可取3～5A/mm²。

并（他）励绕组每极匝数 W_f 为

$$W_f = \frac{K_e F_f}{I_{fN}} \tag{5-39}$$

3. 验算

验算安装尺寸：励磁绕组的最大安装尺寸应考虑安装后与相邻磁极线圈（包括换向极）间应有8～10mm的空隙，并应考虑串励绕组所占空间，测量磁极铁心尺寸并定出线圈的最大高度。计算出励磁线圈的每层匝数。

励磁线圈的每层匝数＝（励磁线圈厚度－两端绝缘层厚度）/绝缘导线直径×1.05

每极匝数 W_f

$$W_f = 每层匝数 \times 层数(取整数)$$

通过以上验算，如与估算值相差过大，可重新估算导线截面积或每极匝数。如数值接近，可继续验算励磁电流。

励磁线圈平均匝长

$$L_{mf} = 2(l_m + b_m + 1.2) + \pi \times 线圈厚度$$

式中　l_m——极身长，cm；

b_m——极身宽，cm。

励磁线圈电阻

$$R_{f75℃}=\frac{2PW_f l_{mf}}{4600S_f}(\Omega) \tag{5-40}$$

励磁电流

$$I_{fN}=\frac{U_N}{R_{f75℃}}(A) \tag{5-41}$$

经验算的电流值，比估算的电流值相差太大，则应重新调整导线截面积和每极匝数。根据调整的励磁绕组各种参数绕制线圈进行装配，再经空载试验和负载试验，如基本达到要求的各项数据，说明以前的估算是正确的，否则应重新估算。

三、换向极绕组匝数的估算

由于换向过程的复杂性，计算数据也不易精确。如果改制后发现换向不理想，可在换向极与机座垫上或抽去一些磁性垫片来调整换向情况，换向极匝数可按下式估算

$$W_H=\frac{N\alpha_H}{8ap}K_H \tag{5-42}$$

式中　α_H——换向极并联支路数；

K_H——系数，对2极电机用一个换向极的取$K_H=1.2\sim1.3$，对4极电机用四个换向极的$K_H=1.15\sim1.25$；

p——极对数。

四、直流电机改压计算

电机铭牌的额定电压与现有电源不符而又需使用时，就需要对电机进行改压重绕。如果要保持主磁通不变，就必须改变励磁绕组和电枢绕组的参数。同时，为使电机具有良好的换向，还要改变换向极绕组，由于换向过程的复杂性，在改绕过程中应该特别注意以下几点。

1. 电枢绕组的计算

（1）电枢绕组总的有效导线根数

$$N_2=\frac{U_2}{U_1}\frac{n_1}{n_2}\frac{a_2}{a_1}N_1 \tag{5-43}$$

式中　N_1——改绕前电枢绕组的有效导体数；

N_2——改绕后电枢绕组的有效导体数；

n_1——改绕前电机的额定转速；

n_2——改绕后电机的额定转速；

a_1——改绕前电枢绕组的并联支路数；

a_2——改绕后电枢绕组的并联支路数。

如果保持原来电枢绕组的形式和电机额定转速，式（5-43）可简化为

$$N_2=\frac{U_2}{U_1}N_1 \tag{5-44}$$

另外还应注意，在计算有效导体时，几股线并绕时只能算一根导体。

（2）每槽导体数 N_s

$$N_s=\frac{N_2}{Z}(\text{取偶数}) \tag{5-45}$$

式中　Z——电枢铁心的总槽数。

（3）每槽元件数

$$u=\frac{K}{Z} \tag{5-46}$$

式中 K——换向片数。

(4) 每个元件的匝数

$$W_a = \frac{N_s}{2u} \tag{5-47}$$

(5) 导线截面积

$$S_2 = \frac{P_N}{U_2}\frac{S_1}{I_{N1}} = \frac{U_1}{U_2}S_1 \tag{5-48}$$

式中 P_N——额定功率；

S_1——原来电枢的导体截面积；

I_{N1}——原电机的额定电流。

2. 换向极绕组的计算

(1) 换向极绕组匝数

$$W_{H2} = \frac{U_2}{U_1}\frac{a_{H2}}{a_{H1}}W_{H1} \tag{5-49}$$

式中 a_{H1}——原来换向极绕组并联支路数；

a_{H2}——改制后换向极绕组并联支路数；

W_{H1}——原来换向极绕组匝数。

(2) 绕组导线截面积

$$S_{H2} = \frac{P_N}{U_2}\frac{S_{H1}}{I_{N1}} \text{ 或 } S_{H2} = \frac{U_1}{U_2}S_{H1} \tag{5-50}$$

3. 并励绕组（或他励绕组）

(1) 导线截面积

$$S_{F2} = \frac{U_1}{U_2}S_{F1} \tag{5-51}$$

式中 S_{F1}——原来并励绕组导线截面积。

(2) 绕组匝数

$$W_{F2} = \frac{S_{F1}}{S_{F2}}W_{F1} \tag{5-52}$$

式中 W_{F1}——原来绕组的匝数。

4. 串励绕组

串励绕组匝数为

$$W_{C2} = \frac{U_2}{U_1}\frac{a_{C2}}{a_{C1}}W_{C1} \tag{5-53}$$

式中 a_{C1}——原来串励绕组的并联支路数；

a_{C2}——改制后串励绕组的并联支路数；

W_{C1}——原来串励绕组的匝数。

第五节　直流电机铁心、绕组技术数据

一、Z2 系列直流电机技术数据

Z2 系列电机适用于一般正常的工作环境，电动机供恒速或转速调节范围不大于 2∶1 的电力拖动使用；发电机可作为动力电源和其他恒压供电之用；调压发电机则可作蓄电池组充电电源。

Z2 系列直流电机技术数据见表 5-4。

表 5-4

Z2 系列直流电机技术数据

序号	机座号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	电枢 外径 (mm)	电枢 内径 (mm)	电枢 长度 (mm)	槽数	槽形	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ(mm)	槽节距	换向器 外径 (mm)	换向器 长度 (mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D104 尺寸 ($b_b \times L_b$)
1	Z2-11	0.8	110	9.96	3000	83	22	65	14	梨形	6	672	2	0.96/1.05	1～8	62	42	56	1～2	2	10×12.5
2	Z2-11	0.8	220	4.85	3000	83	22	65	14	梨形	12	1344	2	0.69/0.77	1～8	62	42	56	1～2	2	10×12.5
3	Z2-11	0.4	110	5.35	1500	83	22	65	14	梨形	11	1232	2	0.74/0.83	1～8	62	42	56	1～2	2	10×12.5
4	Z2-11	0.4	220	2.68	1500	83	22	65	14	梨形	22	2464	2	0.53/0.6	1～8	62	42	56	1～2	2	10×12.5
5	Z2-12	1.1	110	12.9	3000	83	22	65	14	梨形	$4\frac{1}{2}$	504	2	1.16/1.27	1～8	62	42	56	1～2	2	10×12.5
6	Z2-12	1.1	220	6.41	3000	83	22	65	14	梨形	9	1008	2	0.8/0.89	1～8	62	42	56	1～2	2	10×12.5
7	Z2-12	0.6	110	7.68	1500	83	22	65	14	梨形	8	896	2	0.9/0.99	1～8	62	42	56	1～2	2	10×12.5
8	Z2-12	0.6	220	3.82	1500	83	22	65	14	梨形	16	1792	2	0.62/0.69	1～8	62	42	56	1～2	2	10×12.5
9	Z2-21	1.5	110	17.5	3000	106	30	65	18	梨形	$3\frac{1}{2}$	504	2	1.35/1.46	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
10	Z2-21	1.5	220	8.64	3000	106	30	65	18	梨形	7	1008	2	1.0/1.1	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
11	Z2-21	0.8	110	9.84	1500	106	30	65	18	梨形	$6\frac{1}{4}$	900	2	1.08/1.19	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
12	Z2-21	0.8	220	4.92	1500	106	30	65	14	梨形	$12\frac{1}{2}$	1800	2	0.74/0.83	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
13	Z2-21	0.4	110	5.51	1000	106	30	65	18	梨形	9	1296	2	0.86/0.95	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
14	Z2-21	0.4	220	2.75	1000	106	30	65	18	梨形	18	2592	2	0.62/0.69	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
15	Z2-21	1.1	115	9.57	2850	106	30	65	18	梨形	$4\frac{3}{4}$	684	2	1.08/1.19	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
16	Z2-21	1.1	230	4.78	2850	106	30	65	18	梨形	$9\frac{1}{2}$	1368	2	0.74/0.83	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
17	Z2-21	1.1	110/160	8.15	2850	106	30	65	18	梨形	6	864	2	2-0.74/2-0.83	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
18	Z2-21	1.1	220/320	4.07	2850	106	30	65	18	梨形	21	1728	2	0.74/0.83	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
19	Z2-21	0.6	110/160	4.44	1450	106	30	65	18	梨形	21	1728	2	0.74/0.83	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
20	Z2 21	0.6	220/320	2.22	1450	106	30	65	18	梨形	24	3456	2	0.53/0.60	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
21	Z2-22	2.2	110	24.7	3000	106	30	90	18	梨形	$2\frac{1}{2}$	360	2	2-1.16/2-1.27	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
22	Z2-22	2.2	220	12.35	3000	106	30	90	18	梨形	5	720	2	1.16/1.27	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5

续表

序号	电磁负荷		效率(%)	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载(A/cm)	气隙磁密(T)			极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规及牌号QZ(mm) 串	线规及牌号QZ(mm) 并	并励额定励磁电流(A)	极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数	线规及牌号QZ或SBECB(mm)	电枢(kg)	并励(kg)
1	128.5	0.53	73	并	2	38	65	0.7	12	1650	与换向极相同	0.38/0.44	0.469	1	20	50	1.5	127	1.16×2.44/1.47×2.75	0.78	0.978
2	125	0.537	74	并	2	38	65	0.7	21	3450		0.27/0.32	0.234	1	20	50	1.5	258	1.25/1.36	0.807	1.055
3	127	0.531	68	并	2	38	65	0.7	16	2040		0.35/0.41	0.347	1	20	50	1.5	240	1.35/1.46	0.849	1.045
4	127	0.535	68	并	2	38	65	0.7	72	3800		0.27/0.32	0.183	1	20	50	1.5	480	0.95/1.05	0.875	1.201
5	124.5	0.523	77.5	并	2	38	90	0.7	10	1350		0.41/0.47	0.565	1	20	75	1.5	93	1.25×0.35/1.57×3.37	0.971	1.074
6	124	0.526	78	并	2	38	90	0.7	20	2750		0.29/0.34	0.28	1	20	75	1.5	192	1.45/1.56	0.925	1.11
7	132	0.547	71	并	2	38	90	0.7	20	1600		0.44/0.50	0.535	1	20	75	1.5	172	1.56/1.68	1.04	1.57
8	131.5	0.55	71.5	并	2	38	90	0.7	34	3140		0.31/0.36	0.28	1	20	75	1.5	345	1.08/1.19	0.988	1.53
9	128.5	0.57	78	并	2	48	65	0.8	8	1800		0.41/0.47	0.55	1	20	50	1.5	98	1.25×4.1/1.57×4.42	1.35	1.24
10	127	0.5775	79	并	2	48	65	0.8	16	3700		0.31/0.36	0.278	1	20	50	1.5	196	1.16×2.44/1.47×2.75	1.485	1.52
11	124.3	0.603	74	并	2	48	65	0.8	18	1940		0.47/0.53	0.582	1	20	50	1.5	176	1.0×3.05/1.32×3.37	1.55	1.9
12	124.3	0.606	74	并	2	48	65	0.8	40	3700		0.33/0.38	0.3085	1	20	50	1.5	352	1.35/1.46	1.455	1.76
13	95.2	0.604	66	并	2	48	65	0.8	32	2050		0.44/0.50	0.528	1	20	50	1.5	256	1.35/1.46	1.42	1.71
14	95.2	0.615	66	并	2	48	65	0.8	64	3850		0.33/0.38	0.304	1	20	50	1.5	505	1.0/1.1	1.47	1.87
15	102.6	0.576	76	复	2	48	65	0.8	38	1820		0.38/0.44	0.385	1	20	50	1.5	132	1.0×3.05/1.32×3.37	1.18	1.09
16	102.8	0.572	76.5	复	2	48	65	0.8	72	3200		0.27/0.32	0.217	1	20	50	1.5	264	1.35/1.46	1.11	0.98
17	110.5	0.526/0.610	78	并	2	48	65	0.8	无	2500		0.41/0.47	0.344/0.515	1	20	50	1.5	166	1.08×2.44/1.39×2.75	1.40	1.738
18	110.5	0.523/0.606	78	并	2	48	65	0.8	无	4500		0.29/0.34	0.1841/0.2765	1	20	50	1.5	332	1.25/1.36	1.40	1.55
19	126	0.572/0.648	70	并	2	48	65	0.8	无	2450		0.51/0.58	0.461/0.713	1	20	50	1.5	332	1.25/1.36	1.40	2.90
20	126.5	0.566/0.645	70	并	2	48	65	0.8	无	4750		0.35/0.41	0.232/0.36	1	20	50	1.5	665	0.93/1.02	1.435	2.63
21	129.7	0.585	81	并	2	48	90	0.8	8	1500		0.47/0.53	0.70	1	20	75	1.5	61	1.35×4.7/1.69×5.04	1.60	1.655
22	129.4	0.59	81	并	2	48	90	0.8	20	3000		0.33/0.39	0.3485	1	20	75	1.5	128	1.08×3.28/1.40×3.6	1.60	1.62

续表

序号	机座号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	电枢 外径(mm)	电枢 内径(mm)	电枢 长度(mm)	槽数	槽形	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ(mm)	槽节距	换向器 外径(mm)	换向器 长度(mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D104 尺寸 ($b_b \times L_b$)
23	Z2-22	1.1	110	13.0	1500	106	30	90	18	梨形	$4\frac{1}{2}$	648	2	1.2/1.31	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
24	Z2-22	1.1	220	6.5	1500	106	30	90	18	梨形	9	1296	2	0.86/0.95	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
25	Z2-22	0.6	110	7.68	1000	106	30	90	18	梨形	$6\frac{3}{4}$	972	2	0.96/1.05	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
26	Z2-22	0.6	220	3.79	1000	106	30	90	18	梨形	$13\frac{1}{2}$	1944	2	0.69/1.77	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
27	Z2-22	1.7	115	14.8	2850	106	30	90	18	梨形	$3\frac{1}{2}$	504	2	2-0.96/2-1.05	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
28	Z2-22	1.7	230	7.39	2850	106	30	90	18	梨形	$6\frac{1}{2}$	972	2	0.96/1.05	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
29	Z2-22	0.8	115	6.95	1450	106	30	90	18	梨形	$7\frac{1}{4}$	1044	2	0.96/1.05	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
30	Z2-22	0.8	230	3.48	1450	106	30	90	18	梨形	$14\frac{1}{2}$	2088	2	0.69/0.77	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
31	Z2-22	1.5	110/160	11.1	2850	106	30	90	18	梨形	$4\frac{1}{4}$	612	2	1.16/1.27	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
32	Z2-22	1.5	220/320	5.56	2850	106	30	90	18	梨形	$8\frac{1}{2}$	1224	2	0.86/0.95	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
33	Z2-22	0.8	110/160	5.92	1450	106	30	90	18	梨形	9	1296	2	0.86/0.95	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
34	Z2-22	0.8	220/320	2.96	1450	106	30	90	18	梨形	18	2592	2	0.62/0.69	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
35	Z2-22	0.8	230	3.48	1450	106	30	90	18	梨形	$14\frac{1}{2}$	2088	2	0.69/0.77	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
36	Z2-31	3	110	33.2	3000	120	30	75	18	梨形	$2\frac{1}{2}$	360	2	2-1.35/2-1.46	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
37	Z2-31	3	220	16.52	3000	120	30	75	18	梨形	5	720	2	1.35/1.46	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
38	Z2-31	1.5	110	17.6	1500	120	30	75	18	梨形	$4\frac{1}{2}$	648	2	2-1.0/2-1.1	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
39	Z2-31	1.5	220	8.7	1500	120	30	75	18	梨形	$9\frac{1}{4}$	1336	2	1.0/1.1	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
40	Z2-31	0.8	110	10	1000	120	30	75	18	梨形	$6\frac{3}{4}$	972	2	1.16/1.26	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
41	Z2-31	0.8	220	4.95	1000	120	30	75	18	梨形	$13\frac{3}{4}$	1980	2	0.83/0.92	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
42	Z2-31	0.6	110	7.91	750	120	30	75	18	梨形	$8\frac{1}{2}$	1224	2	2-0.74/2-0.83	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
43	Z2-31	0.6	220	3.9	750	120	30	75	18	梨形	$17\frac{1}{4}$	2484	2	0.74/0.83	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5
44	Z2-31	2.4	115	20.85	2850	120	30	75	18	梨形	$3\frac{1}{4}$	468	2	2-1.2/2-1.31	1~10	82	45	72	1~2	2	10×12.5

续表

序号	电磁负荷		效率(%)	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载(A/cm)	气隙磁密(T)			极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数		线规及牌号QZ(mm)		并励额定励磁电流(A)	极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数	线规及牌号QZ或SBECB(mm)	电枢(kg)	并励(kg)
									串	并	串	并									
23	118.5	0.62	77	并	2	48	90	0.8	14	1600		0.53/0.60	0.80	1	20	75	1.5	116	1.16×3.28/1.48×3.6	1.541	2.34
24	117	0.627	77	并	2	48	90	0.8	24	3000		0.41/0.47	0.458	1	20	75	1.5	230	1.45/1.56	1.581	2.64
25	102	0.592	71	并	2	48	90	0.8	20	1840		0.48/0.55	0.58	1	20	75	1.5	174	1.0×2.44/1.31×2.75	1.48	2.255
26	101	0.607	72	并	2	48	90	0.8	40	3600		0.35/0.41	0.314	1	20	75	1.5	348	1.16/1.27	1.53	2.275
27	115.2	0.552	80	复	2	48	90	0.8	22	1400		0.41/0.47	0.503	1	20	75	1.5	90	1.35×3.28/1.67×3.6	1.53	1.29
28	112	0.567	80	复	2	48	90	0.8	42	2900		0.29/0.34	0.268	1	20	75	1.5	174	10×2.44/1.91×2.75	1.48	1.182
29	115.4	0.569	74	复	2	48	90	0.8	65	1600		0.38/0.44	0.393	1	20	75	1.5	186	10×2.44/1.91×2.75	1.50	1.135
30	116	0.561	74	复	2	48	90	0.8	125	3000		0.27/0.32	0.209	1	20	75	1.5	370	1.20/1.31	1.64	1.07
31	106.1	0.53/0.6155	78	并	2	48	90	0.8		2050	与换向极相同	0.47/0.53	0.439/0.673	1	20	75	1.5	108	1.0×3.28/1.32×3.6	1.36	2.205
32	106.5	0.523/0.6090	78	并	2	48	90	0.8		4050		0.31/0.36	0.22/0.322	1	20	75	1.5	220	1.45/1.56	1.50	1.87
33	123.2	0.523/0.6050	74	并	2	48	90	0.8		2150		0.47/0.53	0.442/0.607	1	20	75	1.5	230	1.56/1.67	1.58	2.335
34	123	0.526/0.601	74	并	2	48	90	0.8		4800		0.31/0.36	0.1917/0.2665	1	20	75	1.5	460	1.08/1.19	1.648	2.26
35	109	0.454	74	并	2	48	90	0.8		3200		0.33/0.38	0.308	1	20	75	1.5	370	1.20/1.31	1.64	1.64
36	150.8	0.619	82	并	2	58	75	1.0	11	1560		0.49/0.55	0.721	1	25	55	1.5	67	1.81×4.7/2.16×5.04	2.2	1.862
37	150.8	0.625	82.5	并	2	58	75	1.0	22	3120		0.35/0.41	0.367	1	25	55	1.5	130	1.45×2.83/1.80×3.14	2.22	1.85
38	142	0.653	77.5	并	2	58	75	1.0	12	1550		0.57/0.64	0.931	1	25	55	1.5	120	1.45×2.83/1.80×3.14	2.19	2.55
39	146.1	0.639	78.5	并	2	58	75	1.0	30	3160		0.38/0.44	0.424	1	25	55	1.5	240	1.0×2.44/1.27×2.71	2.26	2.27
40	118.2	0.635	72.5	并	2	58	75	1.0	16	1630		0.53/0.60	0.794	1	25	55	1.5	175	1.25×2.44/1.52×2.71	2.215	2.26
41	120.3	0.631	73.5	并	2	58	75	1.0	36	3160		0.38/0.44	0.397	1	25	55	1.5	360	1-1.35/1-1.46	2.31	2.27
42	118.3	0.648	69	并	2	58	75	1.0	20	1740		0.55/0.62	0.81	1	25	55	1.5	220	1.08×2.44/1.35×2.71	2.27	2.68
43	120.3	0.642	70	工	2	58	75	1.0	40	3520		0.38/0.44	0.386	1	25	55	1.5	445	1-1.20/1-1.31	2.305	2.565
44	135.3	0.627	81	复	2	58	75	1.0	24	1310		0.47/0.54	0.716	1	25	55	1.5	84	1.16×4.7/1.43×4.97	2.285	1.392

续表

序号	机座号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	电枢 外径 (mm)	电枢 内径 (mm)	电枢 长度 (mm)	槽数	槽形	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ(mm)	槽节距	换向器 外径 (mm)	换向器 长度 (mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D104 尺寸 ($b_b \times L_b$)
45	Z2-31	2.4	230	10.42	2850	120	30	75	18	梨形	$6\frac{1}{2}$	936	2	1.2/1.31	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
46	Z2-31	1.1	115	9.56	1450	120	30	75	18	梨形	$6\frac{3}{4}$	972	2	1.2/1.31	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
47	Z2-31	1.1	230	4.78	1450	120	30	75	18	梨形	13	1872	2	0.86/0.95	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
48	Z2-31	2.2	110/160	16.3	2850	120	30	75	18	梨形	$4\frac{1}{4}$	612	2	1.45/1.56	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
49	Z2-31	2.2	220/320	8.15	2850	120	30	75	18	梨形	$8\frac{1}{2}$	1224	2	1.6/1.1	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
50	Z2-31	1.1	110/160	8.15	1450	120	30	75	18	梨形	$8\frac{3}{4}$	1260	2	1.04/1.14	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
51	Z2-31	1.1	220/320	1.75	1450	120	30	75	18	梨形	17	2448	2	0.74/0.83	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
52	Z2-31	1.1	230	4.78	1450	120	30	75	18	梨形	13	1872	2	0.86/0.95	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
53	Z2-32	4	110	43.8	3000	120	30	105	18	梨形	$1\frac{3}{4}$	252	2	2-1.56/2-1.67	1～10	82	62	72	1～2	2	10×12.5
54	Z2-32	4	220	21.65	3000	120	30	105	18	梨形	$3\frac{1}{2}$	504	2	1.56/1.67	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
55	Z2-32	2.2	110	25	1500	120	30	105	18	梨形	$3\frac{1}{4}$	468	2	2-1.2/2-1.31	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
56	Z2-32	2.2	220	12.35	1500	120	30	105	18	梨形	$6\frac{3}{4}$	972	2	1.2/1.31	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
57	Z2-32	1.1	110	13.33	1000	120	30	105	18	梨形	5	720	2	2-0.86/2-1.05	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
58	Z2-32	1.1	220	6.58	1000	120	30	105	18	梨形	$9\frac{3}{4}$	1404	2	0.96/1.05	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
59	Z2-32	0.8	110	10	750	120	30	105	18	梨形	$6\frac{1}{2}$	936	2	2-0.96/2-0.95	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
60	Z2-32	0.8	220	4.95	750	120	30	105	18	梨形	13	1872	2	0.86/0.95	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
61	Z2-32	3.2	115	27.8	2850	120	30	105	18	梨形	$2\frac{1}{4}$	324	2	2-1.35/2-1.46	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
62	Z2-32	3.2	230	13.9	2850	120	30	105	18	梨形	$4\frac{1}{2}$	648	2	1.35/1.46	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
63	Z2-32	1.7	115	14.8	1450	120	30	105	18	梨形	$4\frac{3}{4}$	684	2	2-1.0/2-1.1	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
64	Z2-32	1.6	230	7.4	1450	120	30	105	18	梨形	$9\frac{1}{2}$	1368	2	1.0/1.1	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
65	Z2-32	3.0	110/160	22.2	2850	120	30	105	18	梨形	3	432	2	2-1.20/2-1.31	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
66	Z2-32	3.0	220/320	11.1	2850	120	30	105	18	梨形	6	864	2	1.2/1.31	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5

续表

序号	电磁负荷		效率(%)	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载(A/cm)	气隙磁密(T)			极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数		线规及牌号QZ(mm)		并励额定励磁电流(A)	极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数	线规及牌号QZ或SBECB(mm)	电枢(kg)	并励(kg)
									串	并	串	并									
45	135.3	0.62	82	复	2	58	75	1.0	40	2940		0.33/0.39	0.334	1	25	55	1.5	168	1.25×2.44/1.52×2.71	2.28	1.577
46	130	0.6350	75.5	复	2	58	75	1.0	64	1600		0.44/0.50	0.54	1	25	55	1.5	175	1.25×2.44/1.52×2.71	2.37	1.331
47	125.6	0.6480	76.5	复	2	58	75	1.0	118	3100		0.33/0.38	0.308	1	25	55	1.5	336	1-1.35/1-1.46	2.35	1.662
48	138.6/118	0.5590/0.6490	81.5	并	2	58	75	1.0		2110		0.49/0.55	0.579/0.73	1	25	55	1.5	110	1.16×4.7/1.43×4.97	2.18	2.41
49	138.6/118	1.7460/2.2025	82	并	2	58	75	1.0		4050		0.35/0.41	0.268/0.379	1	25	55	1.5	220	1.08×2.44/1.35×2.71	2.07	2.39
50	145.2/127	1.799/2.045	75	并	2	58	75	1.0		2280		0.49/0.55	0.52/0.711	1	25	55	1.5	227	1.08×2.44/1.35×2.71	2.305	2.64
51	141.2/123.3	1.832/2.095	76	并	2	58	75	1.0		4200	与换向极相同	0.38/0.44	0.294/0.428	1	25	55	1.5	445	1-1.20/1-1.31	2.27	3.02
52	118.8	1.971	76.5	他	2	58	75	1.0		3480		0.38/0.44	0.408	1	25	55	1.5	336	1-1.35/1-1.46	2.35	2.425
53	140.2	0.64	83	并	2	58	105	1.0	12	1250		0.51/0.58	0.885	1	25	85	1.5	46	2.44×4.7/2.79×5.03	2.33	1.83
54	140.2	0.644	84	并	2	58	105	1.0	26	2540		0.35/0.41	0.427	1	25	85	1.5	91	1.16×4.7/1.43×4.97	2.33	1.75
55	143.1	0.663	80	并	2	58	105	1.0	10	1350		0.64/0.72	1.185	1	25	85	1.5	84	1.45×4.7/1.72×4.97	2.565	3.4
56	14.4	0.64	81	并	2	58	105	1.0	24	2940		0.41/0.47	0.414	1	25	85	1.5	174	1.08×3.28/1.40×3.60	2.66	2.95
57	117	0.624	75	并	2	58	105	1.0	14	1680		0.57/0.64	0.75	1	25	85	1.5	130	1.08×3.28/1.40×3.60	2.53	3.3
58	114.5	0.653	76	并	2	58	105	1.0	27	3360		0.44/0.50	0.448	1	25	85	1.5	252	1.56/1.67	2.46	4.04
59	115	0.625	72.5	并	2	58	105	1.0	20	1680		0.57/0.64	0.747	1	25	85	1.5	168	1.08×3.28/1.40×3.60	2.64	3.3
60	115	0.637	73.5	并	2	58	105	1.0	40	3640		0.41/0.47	0.367	1	25	85	1.5	336	1.56/ϕ1.67	2.64	3.8
61	124.5	0.638	82.5	复	2	58	105	1.0	14	1050		0.55/0.62	1.08	1	25	85	1.5	59	1.56×4.7/1.83×4.97	2.24	1.77
62	124.5	0.632	83.5	复	2	58	105	1.0	24	2200		0.38/0.44	0.521	1	25	85	1.5	117	1.25×3.28/1.57×3.60	2.24	1.8
63	141	0.638	78	复	2	58	105	1.0	44	1130		0.49/0.41	0.811	1	25	85	1.5	125	1.25×3.28/1.57×3.60	2.6	1.498
64	141	0.634	79	复	2	58	105	1.0	90	2540		0.35/0.41	0.353	1	25	85	1.5	252	1.56/1.67	2.6	1.76
65	133/113.2	0.56/0.567	84	并	2	58	105	1.0		2000		0.53/0.59	0.56/0.81	1	25	85	1.5	77	1.35×4.7/1.62×4.97	2.37	3.19
66	133/113.2	0.556/0.648	84.5	并	2	58	105	1.0		3700		0.38/0.44	0.297/0.438	1	25	85	1.5	156	1.25×2.44/1.52×2.71	2.37	3.06

续表

序号	机座号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	电枢 外径 (mm)	电枢 内径 (mm)	电枢 长度 (mm)	槽数	槽形	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ(mm)	槽节距	换向器 外径 (mm)	换向器 长度 (mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D104 尺寸 ($b_b \times L_b$)
67	Z2-32	1.5	110/160	11.1	1450	120	30	105	18	梨形	6	864	2	2-0.86/2-0.95	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
68	Z2-32	1.5	220/320	5.55	1450	120	309	105	18	梨形	12	1728	2	0.86/0.95	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
69	Z2-32	1.7	230	7.4	1450	120	30	105	18	梨形	$9\frac{1}{2}$	1368	2	1.0/1.1	1～10	82	45	72	1～2	2	10×12.5
70	Z2-41	5.5	110	60.6	3000	138	45	85	27	梨形	$1\frac{2}{3}$	270	2	2-1.56/2-1.82	1～8	100	46	81	1～41	2	10×12.5
71	Z2-41	5.5	220	30.3	3000	138	45	85	27	梨形	$3\frac{1}{3}$	540	2	1.56/1.82	1～8	100	46	81	1～41	2	10×12.5
72	Z2-41	3	110	34	1500	138	45	85	27	梨形	3	486	2	2-1.25/2-1.49	1～8	100	46	81	1～41	2	10×12.5
73	Z2-41	3	220	17	1500	138	45	85	27	梨形	6	972	2	1.25/1.49	1～8	100	32	81	1～41	1	10×12.5
74	Z2-41	1.5	110	17.8	1000	138	45	85	27	梨形	$4\frac{1}{3}$	702	2	1.45/1.69	1～8	100	32	81	1～41	1	10×12.5
75	Z2 41	1.5	220	8.9	1000	138	45	85	27	梨形	$8\frac{2}{3}$	1404	2	1.0/1.24	1～8	100	32	81	1～41	1	10×12.5
76	Z2-41	1.1	110	13.8	750	138	45	85	27	梨形	$5\frac{2}{3}$	918	2	1.25/1.49	1～8	100	32	81	1～41	1	10×12.5
77	Z2-41	1.1	220	6.9	750	138	45	85	27	梨形	$11\frac{1}{3}$	1836	2	0.86/1.1	1～8	100	32	81	1～41	1	10×12.5
78	Z2-41	4.2	115	3.55	2850	138	45	85	27	梨形	2	324	2	2-1.35/2-1.59	1～8	100	46	81	1～41	2	10×12.5
79	Z2-41	4.2	230	18.25	2850	138	45	85	27	梨形	$4\frac{1}{3}$	702	2	1.45/1.69	1～8	100	32	81	1～41	1	10×12.5
80	Z2-41	2.4	115	20.9	1450	138	45	85	27	梨 形	$4\frac{1}{3}$	702	2	1.45/1.69	1～8	100	32	81	1～41	1	10×12.5
81	Z2-41	2.4	230	10.45	1450	138	45	85	27	梨形	$8\frac{2}{3}$	1401	2	1.0/1.24	1～8	100	32	81	1～41	1	10×12.5
82	Z2-41	4	110/160	29.6	2850	138	45	85	27	梨形	$2\frac{2}{3}$	432	2	2-1.16/2-1.4	1～8	100	46	81	1～41	2	10×12.5
83	Z2-41	4	220/320	14.8	2850	138	45	85	27	梨形	$5\frac{1}{3}$	864	2	1.25/1.49	1～8	100	32	81	1～41	1	10×12.5
84	Z2-41	2.2	110/160	16.3	1450	138	45	85	27	梨形	$5\frac{1}{3}$	864	2	1.25/1.49	1～8	100	32	81	1～41	1	10×12.5
85	Z2-41	2.2	220/320	8.15	1450	138	45	85	27	梨形	11	1782	2	0.86/1.1	1～8	100	32	81	1～41	1	10×12.5
86	Z2-41	2.4	230	10.45	1450	138	45	85	27	梨形	$8\frac{2}{3}$	1404	2	1.0/1.24	1～8	100	32	81	1～41	1	10×12.5
87	Z2-42	7.5	110	81.6	3000	138	45	110	27	梨形	$1\frac{1}{3}$	216	2	3-1.56/3-1.82	1～8	100	62	81	1～41	3	10×12.5
88	Z2-42	7.5	220	40.8	3000	138	45	110	27	梨形	$2\frac{2}{3}$	432	2	2-1.35/2-1.59	1～8	100	46	81	1～41	2	10×12.5

续表

序号	电磁负荷		效率(%)	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载(A/cm)	气隙磁密(T)			极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规及牌号QZ(mm) 串	线规及牌号QZ(mm) 并	并励额定励磁电流(A)	极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数	线规及牌号QZ或SBECB(mm)	电枢(kg)	并励(kg)
67	133/113.2	0.58/0.668	78.5	并	2	58	105	1.0		1900	与换向极相同	0.57/0.64	0.647/0.955	1	25	85	1.5	156	1.25×2.44/1.52×2.71	2.44	3.56
68	133/113.2	0.578/0.663	79	并	2	58	105	1.0		3600		0.41/0.47	0.381/0.489	1	25	85	1.5	312	1.35/1.46	2.435	3.52
69	134.2	0.615	79	他	2	58	105	1.0		2830		0.41/0.47	0.505	1	25	85	1.5	252	1.56/1.67	2.6	2.685
70	184	0.648	82.5	并	4	42	85	1.0	4	935		0.53/0.6	0.88	1	20	65	1.5	20	2.44×6.4/2.84×6.8	1.876	2.265
71	183	0.653	82.5	并	4	42	85	1.0	7	1800		0.38/0.64	0.488	1	20	65	1.5	40	1.45×4.7/1.79×5.04	1.876	2.238
72	184	0.691	80	并	4	42	85	1.0	5	1040		0.62/0.69	1.051	1	20	65	1.5	37	1.95×4.7/2.29×5.04	2.168	3.60
73	183	0.698	80	并	4	42	85	1.0	12	1790		0.44/0.50	0.608	1	20	65	1.5	74	1.0×4.7/1.35×5.04	1.68	3.19
74	134	0.713	76.5	并	4	42	85	1.0	14	1100		0.67/0.75	1.114	1	20	65	1.5	54	1.16×4.7/1.50×5.04	2.105	4.61
75	133.4	0.716	76.5	并	4	42	85	1.0	7	2120		0.47/0.53	0.59	1	20	65	1.5	105	1.16×2.44/1.47×2.75	2.105	4.315
76	133.4	0.7	72.5	并	4	42	85	1.0	6	1040		0.62/0.69	1.10	1	20	65	1.5	70	1.0×4.7/1.34×5.04	2.05	3.6
77	133.4	0.704	72.5	并	4	42	85	1.0	10	2120		0.47/0.53	0.556	1	20	65	1.5	138	1.0×2.44/1.3×2.75	1.94	4.36
78	140	0.695	79.5	复	4	42	85	1.0	7	780		0.62/0.69	1.215	4	20	65	1.5	25	1.95×4.7/2.29×5.02	1.69	2.615
79	152.7	0.634	81.5	复	4	42	85	1.0	12	1460		0.38/0.44	0.51	4	20	65	1.5	54	1.16×4.7/1.50×5.04	2.105	1.812
80	175.7	0.678	76.5	复	4	42	85	1.0	20	695		0.57/0.64	1.073	4	20	65	1.5	54	1.16×4.7/1.50×5.04	2.105	2.1
81	176	0.678	77.5	复	4	42	85	1.0	42	1460		0.38/0.44	0.495	4	20	65	1.5	105	1.16×2.44/1.47×2.75	2.005	1.85
82	152	0.615/0.715	80	并	4	42	85	1.0		1040		0.62/0.69	1.26	4	20	65	1.5	33	1.45×4.7/1.49×5.04	1.66	3.46
83	150.5	0.6050/0.706	76.5	并	4	42	85	1.0		2180		0.41/0.47	0.576	4	20	65	1.5	65	1.0×4.7/1.34×5.04	1.93	3.17
84	168	0.639/0.706	81	并	4	42	85	1.0		1100		0.67/0.75	1.347	4	20	65	1.5	65	1.0×4.7/1.34×5.04	1.93	4.42
85	174.7	0.621/0.711	77	并	4	42	85	1.0		2250		0.44/0.50	0.636	4	20	65	1.5	134	1.0×2.44/1.31×2.75	1.88	3.47
86	169	0.663	77.5	他	4	42	85	1.0		1780		0.47/0.53	0.624	4	20	65	1.5	105	1.16×2.44/1.47×2.75	2.005	3.42
87	200.5	0.632	83.5	并	4	42	110	1.0	2	790		0.57/0.64	1.09	4	20	90	1.5	16	2.63×6.4/3.03×6.8	2.53	2.56
88	19963	0.636	83.5	并	4	42	110	1.0	5	1460		0.41/0.47	0.638	4	20	90	1.5	33	2.1×4.7/2.5×5.1	2.525	7.84

续表

序号	机座号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	电枢 外径 (mm)	电枢 内径 (mm)	电枢 长度 (mm)	槽数	槽形	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ(mm)	槽节距	换向器 外径 (mm)	换向器 长度 (mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D104 尺寸 ($b_b \times L_b$)
89	Z2-42	4	110	44.6	1500	138	45	110	27	梨形	$2\frac{1}{3}$	378	2	2-1.45/2-1.69	1~8	100	46	81	1~41	2	10×12.5
90	Z2-42	4	220	22.3	1500	138	45	110	27	梨形	$4\frac{2}{3}$	756	2	1.45/1.69	1~8	100	32	81	1~41	1	10×12.5
91	Z2-42	2.2	110	25.32	1000	138	45	110	27	梨形	$3\frac{1}{3}$	540	2	2-1.16/2-1.4	1~8	100	32	81	1~41	1	10×12.5
92	Z2-42	2.2	220	12.66	1000	138	45	110	27	梨形	$6\frac{2}{3}$	1080	2	1.16/1.4	1~8	100	32	81	1~41	1	10×12.5
93	Z2-42	1.5	110	18.2	750	138	45	110	27	梨形	$4\frac{1}{3}$	702	2	1.45/1.69	1~8	100	32	81	1~41	1	10×12.5
94	Z2-42	1.5	220	9.16	750	138	45	110	27	梨形	$8\frac{2}{3}$	1404	2	1.0/1.24	1~8	100	32	81	1~41	1	10×12.5
95	Z2-42	6	115	52.2	2850	138	45	110	27	梨形	$1\frac{2}{3}$	270	2	2-1.56/2-1.82	1~8	100	46	81	1~41	2	10×12.5
96	Z2-42	6	230	26.1	2850	138	45	110	27	梨形	$3\frac{1}{3}$	540	2	2-1.16/2-1.4	1~8	100	32	81	1~41	1	10×12.5
97	Z2-42	3.2	115	27.8	1450	138	45	110	27	梨形	$3\frac{1}{3}$	540	2	2-1.16/2-1.4	1~8	100	32	81	1~41	1	10×12.5
98	Z2-42	3.2	230	13.9	1450	138	45	110	27	梨形	$6\frac{2}{3}$	1080	2	1.16/1.4	1~8	100	32	81	1~41	1	10×12.5
99	Z2-42	5.5	110/160	40.75	2850	138	45	110	27	梨形	2	324	2	2-1.35/2-1.59	1~8	100	46	81	1~41	2	10×12.5
100	Z2-42	5.5	220/320	20.35	2850	138	45	110	27	梨形	4	648	2	1.45/1.69	1~8	100	32	81	1~41	1	10×12.5
101	Z2-42	3	110/160	22.2	1450	138	45	110	27	梨形	4	648	2	1.45/1.69	1~8	100	32	81	1~41	1	10×12.5
102	Z2-42	3	220/320	11.1	1450	138	45	110	27	梨形	8	1296	2	1.0/1.24	1~8	100	32	81	1~41	1	10×12.5
103	Z2-41	3.2	230	13.9	1450	138	45	110	27	梨形	$6\frac{2}{3}$	1080	2	1.16/1.4	1~8	100	32	81	1~41	1	10×12.5
104	Z2-51	10	220	53.8	3000	162	55	90	31	梨形	2	372	2	2-1.62/2-1.88	1~9	125	32	93	1~47	2	10×12.5
105	Z2-51	5.5	110	60.5	1500	162	55	90	31	梨形	2	372	2	2-1.62/2-1.88	1~9	125	48	93	1~47	2	10×12.5
106	Z2-51	5.5	220	30.3	1500	162	55	90	31	梨形	4	744	2	1.68/1.96	1~9	125	32	93	1~47	1	10×12.5
107	Z2-51	3	110	34.3	1000	162	55	90	31	梨形	3	558	2	2-1.35/2-1.59	1~9	125	48	93	1~47	2	10×12.5
108	Z2-51	3	220	17.2	1000	162	55	90	31	梨形	$5\frac{2}{3}$	1054	2	1.35/1.59	1~9	125	32	93	1~47	1	10×12.5
109	Z2-51	2.2	110	26.3	750	162	55	90	31	梨形	$3\frac{2}{3}$	682	2	1.68/1.95	1~9	125	32	93	1~47	1	10×12.5
110	Z2-51	2.2	220	13.15	750	162	55	90	31	梨形	$7\frac{1}{3}$	1364	2	1.16/1.4	1~9	125	32	93	1~47	1	10×12.5

续表

序号	电磁负荷		效率（%）	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载（A/cm）	气隙磁密（T）			极数	极身宽（mm）	极身长（mm）	气隙（mm）	每极匝数 串	每极匝数 并	线规及牌号 QZ(mm) 串	线规及牌号 QZ(mm) 并	并励额定励磁电流（A）	极数	极身宽（mm）	极身长（mm）	气隙（mm）	每极匝数	线规及牌号 SBECB(mm)	电枢（kg）	并励（kg）
89	187.5	0.629	81.5	并	4	42	110	1.0	3	760		0.69/0.77	1.528	4	20	90	1.5	29	2.44×4.7/2.84×5.1	2.545	3.71
90	187.5	0.7025	81.5	并	4	42	110	1.0	8	1570		0.47/0.53	0.77	4	20	90	1.5	58	1.16×4.7/1.5×5.04	2.547	3.89
91	149.2	0.716	79	并	4	42	110	1.0	3	825		0.72/0.8	1.56	4	20	90	1.5	41	1.68×4.7/2.02×5.04	2.332	4.48
92	149.2	0.72	79	并	4	42	110	1.0	8	1770		0.51/0.58	0.726	4	20	90	1.5	82	1.45×2.44/1.76×2.75	2.232	4.95
93	136	0.718	74.5	并	4	42	110	1.0	3	825		0.72/0.8	1.58	4	20	90	1.5	54	1.16×4.7/1.5×5.04	2.367	4.57
94	136	0.722	74.5	并	4	42	110	1.0	5	1640		0.53/0.6	0.816	4	20	90	1.5	106	1.16×2.44/1.47×2.75	2.25	4.9
95	167	0.646	82.5	复	4	42	110	1.0	5	630		0.62/0.69	1.273	4	20	90	1.5	21	2.1×6.4/2.5×6.8	2.107	2.39
96	166.6	0.636	82.5	复	4	42	110	1.0	10	1290		0.41/0.47	0.583	4	20	90	1.5	41	1.68×4.7/2.02×5.04	2.332	2.16
97	182.0	0.671	80.5	复	4	42	110	1.0	15	665		0.59/0.77	1.138	4	20	90	1.5	41	1.68×4.7/2.02×5.04	2.322	2.38
98	182.0	0.66	80.5	复	4	42	110	1.0	21	1330		0.41/0.47	0.555	4	20	90	1.5	82	1.0×4.7/1.35×5.04	2.33	2.31
99	155.8/131.6	0.6275/0.733	83	并	4	42	110	1.0		900	与换向极相同	0.69/0.66	1.672	4	20	90	1.5	25	2.1×4.7/2.5×5.4	1.89	4.34
100	155/131.5	0.62/0.724	83	并	4	42	110	1.0		1820		0.47/0.53	0.765	4	20	90	1.5	50	1.16×4.7/1.5×5.04	2.19	4.06
101	175.8/153.2	0.654/0.750	80	并	4	42	110	1.0		885		0.72/0.80	1.837	4	20	90	1.5	50	1.16×4.7/1.5×5.04	2.19	4.69
102	175.5/153	0.65/0.748	80	并	4	42	110	1.0		1700		0.51/0.58	0.938	4	20	90	1.5	96	1.16×2.44/1.47×2.75	2.075	4.54
103	173	0.652	80.5	他	4	42	110	1.0		1340		0.51/0.58	0.821	4	20	90	1.5	82	1.0×4.7/1.34×5.04	2.33	3.47
104	193	0.765	84.5	并	4	50	90	1.2	5	1460		0.53/0.6	1.01	4	20	90	1.7	28	1.68×6.4/2.02×6.74	3.14	3.96
105	216.5	0.715	82.5	并	4	50	90	1.2	4	910		0.64/0.77	1.4	4	20	90	1.7	28	1.68×6.4/2.02×6.74	3.14	4.176
106	215.8	0.727	82.5	并	4	50	90	1.2	8	1780		0.51/0.58	0.75	4	20	90	1.7	57	1.25×4.7/1.60×5.04	3.38	4.62
107	182	0.703	79.5	并	4	50	90	1.2	6	1060		0.67/0.75	1.134	4	20	90	1.7	48	1.81×4.7/2.16×5.04	3.27	4.64
108	171	0.758	79.5	并	4	50	90	1.2	8	2040		0.55/0.62	0.75	4	20	90	1.7	81	1.35×3.28/1.7×3.6	3.1	6.38
109	167.5	0.756	76	并	4	50	90	1.2	6	1120		0.77/0.86	1.34	4	20	90	1.7	52	1.81×4.7/2.16×5.04	3.1	6.86
110	166	0.764	76	并	4	50	90	1.2	10	2160		0.57/0.64	0.734	4	20	90	1.7	104	1.35×3.28/1.7×3.6	2.95	7.4

续表

序号	机座号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	电枢 外径(mm)	电枢 内径(mm)	电枢 长度(mm)	槽数	槽形	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号QZ(mm)	槽节距	换向器 外径(mm)	换向器 长度(mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D104 尺寸 ($b_b \times L_b$)
111	Z2-51	8.5	115	74	2850	162	55	90	31	梨形	$1\frac{1}{3}$	248	2	3-1.56/3-1.82	1～9	125	65	93	1～47	3	10×12.5
112	Z2-51	8.5	230	37	2850	162	55	90	31	梨形	$2\frac{2}{3}$	496	2	2-1.35/2-1.59	1～9	125	48	93	1～47	2	10×12.5
113	Z2-51	4.2	115	36.5	1450	162	55	90	31	梨形	$2\frac{2}{3}$	496	2	2-1.35/2-1.59	1～9	125	48	93	1～47	2	10×12.5
114	Z2-51	4.2	230	18.25	1450	162	55	90	31	梨形	$5\frac{1}{3}$	992	2	1.35/1.59	1～9	125	32	93	1～47	1	10×12.5
115	Z2-51	7.5	110/160	55.6/49.6	2850	162	55	90	31	梨形	$1\frac{2}{3}$	310	2	2-1.68/2-1.95	1～9	125	48	93	1～47	2	10×12.5
116	Z2-51	7.5	220/320	27.8/23.4	2850	162	55	90	31	梨形	$3\frac{1}{3}$	620	2	1.68/1.95	1～9	125	32	93	1～47	1	10×12.5
117	Z2-51	4	110/160	29.6/25	1450	162	55	90	31	梨形	$3\frac{1}{3}$	620	2	1.68/1.95	1～9	125	48	93	1～47	2	10×12.5
118	Z2-51	4	220/320	14.8/12.5	1450	162	55	90	31	梨形	$6\frac{2}{3}$	1240	2	1.25/1.49	1～9	125	32	93	1～47	1	10×12.5
119	Z2-51	4.2	230	18.25	1450	162	55	90	31	梨形	$5\frac{1}{3}$	992	2	1.35/1.59	1～9	125	32	93	1～47	1	10×12.5
120	Z2-52	13	220	70.8	3000	162	55	130	31	梨形	$1\frac{1}{3}$	248	2	3-1.56/3-1.82	1～9	125	65	93	1～47	3	10×12.5
121	Z2-52	7.5	110	82.2	1500	162	55	130	31	梨形	$1\frac{1}{2}$	248	2	3-1.56/3-1.82	1～9	125	65	93	1～47	3	10×12.5
122	Z2-52	7.5	220	40.8	1500	162	55	130	31	梨形	$2\frac{2}{3}$	496	2	2-1.35/2-1.54	1～9	125	48	93	1～47	2	10×12.5
123	Z2-52	4	110	45.2	1000	162	55	130	31	梨形	2	372	2	2-1.62/2-1.88	1～9	125	48	93	1～47	2	10×12.5
124	Z2-52	4	220	22.6	1000	162	55	130	31	梨形	4	744	2	1.62/1.88	1～9	125	32	93	1～47	1	10×12.5
125	Z2-52	3	110	35	750	162	55	130	31	梨形	$2\frac{2}{3}$	496	2	2-1.45/2-1.69	1～9	125	18	93	1～47	2	10×12.5
126	Z2-52	3	220	17.5	750	162	55	130	31	梨形	$5\frac{1}{3}$	992	2	1.35/1.59	1～9	125	32	93	1～47	1	10×12.5
127	Z2-52	11	230	47.8	2850	162	55	130	31	梨形	2	372	2	2-1.62/2-1.88	1～9	125	48	93	1～47	2	10×12.5
128	Z2-52	6	115	52.2	1450	162	55	130	31	梨形	2	372	2	2-1.62/2-1.88	1～9	125	48	93	1～47	2	10×12.5
129	Z2-52	6	230	26.1	1450	162	55	130	31	梨形	4	744	2	1.62/1-1.88	1～9	125	32	93	1～47	1	10×12.5
130	Z2-52	10	110/160	74/62.5	2850	162	55	130	31	梨形	$1\frac{1}{3}$	248	2	3-1.56/3-1.82	1～9	125	65	93	1～47	3	10×12.5
131	Z2-52	10	220/320	37/31.25	2850	162	55	130	31	梨形	$2\frac{1}{3}$	434	2	2-1.45/2-1.69	1～9	125	48	93	1～47	2	10×12.5
132	Z2-52	5.5	110/160	40.7/34.4	1450	162	55	130	31	梨形	$2\frac{1}{3}$	434	2	2-1.45/2-1.69	1～9	125	48	93	1～47	2	10×12.5

续表

序号	电磁负荷		效率(%)	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载(A/cm)	气隙磁密(T)			极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数		线规及牌号QZ(mm)		并励额定励磁电流(A)	极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数	线规及牌号或SBECB(mm)	电枢(kg)	并励(kg)
									串	并	串	并									
111	184	0.713	83.5	复	4	50	90	1.2	5	750	与换向极相同	0.67/0.75	1.425	4	20	90	1.7	19	2.26×6.4/2.66×6.8	2.92	3.2
112	184	0.711	83.5	复	4	50	90	1.2	9	1320		0.49/0.55	0.83	4	20	90	1.7	38	1.68×4.7/2.03×5.04	2.92	2.95
113	185.2	0.746	81	复	4	50	90	1.2	16	750		0.67/0.75	1.35	4	20	90	1.7	38	1.68×4.7/2.03×5.04	2.92	3.2
114	187.2	0.737	81	复	4	50	90	1.2	29	1480		0.47/0.53	0.683	4	20	90	1.7	76	1.35×3.28/1.7×3.6	2.92	3.16
115	173	0.669/0.779	83.5	并	4	50	90	1.2		1000		0.74/0.83	1.23/1.785	4	20	90	1.7	24	1.68×6.8/2.02×6.74	2.82	5.26
116	172.2	0.662/0.775	83.5	并	4	50	90	1.2		1920		0.53/0.6	0.625/0.917	4	20	90	1.7	47	1.25×4.7/1.60×5.04	2.82	5.24
117	187.5	0.694/0.8	80	并	4	50	90	1.2		1080		0.80/0.89	1.25/1.875	4	20	90	1.7	47	1.25×4.7/1.60×5.04	2.82	6.92
118	187.5	0.685/0.79	80	并	4	50	90	1.2		2120		0.55/0.62	0.618/0.892	4	20	90	1.7	94	1.0×3.28/1.35×3.6	3.11	6.4
119	178	0.725	81	他	4	50	90	1.2		1430		0.57/0.64	1.045	4	20	90	1.7	76	1.35×3.28/1.7×3.6	2.92	4.4
120	163.3	0.804	83.5	并	4	50	130	1.2	2	1230		0.67/0.75	1.588	4	20	105	1.7	19	2.44×6.4/2.84×6.8	3.42	7.1
121	195	0.76	83	并	4	50	130	1.2	2	720		0.86/0.95	2.195	4	20	105	1.7	19	2.44×6.4/2.84×6.8	3.42	6.45
122	195	0.769	83	并	4	50	130	1.2	4	1390		0.62/0.69	1.176	4	20	105	1.7	38	1.68×4.7/2.03×5.04	3.42	6.48
123	158	0.751	80.5	并	4	50	130	1.2	3	720		0.83/0.92	2.07	4	20	105	1.7	28	1.68×6.4/2.03×6.74	3.68	6.0
124	158	0.758	80.5	并	4	50	130	1.2	7	1460		0.59/0.66	1.04	4	20	105	1.7	57	1.16×4.7/1.5×5.04	3.68	6.17
125	162.8	0.729	78	并	4	50	130	1.2	4	880		0.80/0.89	1.563	4	20	105	1.7	38	1.68×4.7/2.03×5.04	4.24	6.92
126	162.7	0.729	78	并	4	50	130	1.2	8	1680		0.57/0.64	0.8	4	20	105	1.7	76	1.35×3.28/1.7×3.6	3.42	6.72
127	177.7	0.647	85.5	复	4	50	130	1.2	4	1100		0.49/0.55	0.85	4	20	105	1.7	28	1.68×6.4/2.03×6.74	3.68	3.01
128	196	0.678	83	复	4	50	130	1.2	7	610		0.69/0.77	1.436	4	20	105	1.7	28	1.68×6.4/2.03×6.74	3.68	3.4
129	196	0.672	83	复	4	50	130	1.2	14	122		0.49/0.55	0.741	4	20	105	1.7	57	1.16×4.7/1.51×5.04	3.42	3.37
130	183	0.577/0.673	84.5	并	4	50	130	1.2		780		0.67/0.75	1.166/1.565	4	20	105	1.7	19	2.44×6.4/2.84×6.8	3.42	4.0
131	161	0.647/0.758	84.5	并	4	50	130	1.2		1560		0.55/0.62	0.718/1.064	4	20	105	1.7	33	1.68×4.7/2.03×5.04	3.44	5.54
132	179	0.672/0.776	83	并	4	50	130	1.2		880		0.83/0.92	1.42/2.07	4	20	105	1.7	33	1.68×4.7/2.03×5.04	3.44	7.28

续表

序号	机座号	功率（kW）	电压（V）	电流（A）	转速（r/min）	电枢 外径（mm）	电枢 内径（mm）	电枢 长度（mm）	槽数	槽形	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ(mm)	槽节距	换向器 外径（mm）	换向器 长度（mm）	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D104 尺寸 ($b_b \times L_b$)
133	Z2-52	5.5	220/320	20.4/17.18	1450	162	55	130	31	梨形	$4\frac{2}{3}$	368	2	1.45/1.69	1～9	125		93	1～47	1	10×12.5
134	Z2-52	6	230	26.1	1450	162	55	130	31	梨形	4	744	2	1.62/1.88	1～9	125		93	1～47	1	10×12.5
135	Z2-61	17	220	88.9	3000	195	55	95	31	梨形	$1\frac{2}{3}$	310	2	4-1.62/4-1.88	1～9	125		93	1～47	4	10×12.5
136	Z2-61	10	110	107.6	1500	195	55	95	31	梨形	$1\frac{2}{3}$	310	2	4-1.62/4-1.88	1～9	125		93	1～47	4	10×12.5
137	Z2-62	10	220	53.8	1500	195	55	95	31	梨形	3	558	2	2-1.56/2-1.82	1～9	125		93	1～47	2	10×12.5
138	Z2-62	5.5	110	60.6	1000	195	55	95	31	梨形	$2\frac{1}{3}$	434	2	3-1.56/3-1.82	1～9	125		93	1～47	2	10×12.5
139	Z2-62	5.5	220	30.3	1000	195	55	95	31	梨形	$4\frac{1}{3}$	806	2	2-1.35/2-1.59	1～9	125		93	1～47	2	10×12.5
140	Z2-62	4	110	46.4	750	195	55	95	31	梨形	3	558	2	2-1.56/2-1.82	1～9	125		93	1～47	2	10×12.5
141	Z2-62	4	220	23.2	750	195	55	95	31	梨形	6	1116	2	1.56/1.82	1～9	125		93	1～47	2	10×12.5
142	Z2-62	14	230	61	2850	195	55	95	31	梨形	2	372	2	3-1.56/3-1.82	1～9	125		93	1～47	3	10×12.5
143	Z2-62	8.5	115	74	1450	195	55	95	31	梨形	2	372	2	3-1.56/3-1.82	1～9	125		93	1～47	3	10×12.5
144	Z2-61	8.5	230	37	1450	195	55	95	31	梨形	$4\frac{1}{3}$	806	2	2-1.35/2-1.59	1～9	125		93	1～47	2	10×12.5
145	Z2-61	13	220/320	48.1/40.6	2850	195	55	95	31	梨形	$2\frac{2}{3}$	496	2	3-1.35/2-1.59	1～9	125		93	1～47	2	10×12.5
146	Z2-61	7.5	110/160	55.6/46.9	1450	195	55	95	31	梨形	$2\frac{3}{3}$	496	2	3-1.35/2-1.59	1～9	125		93	1～47	2	10×12.5
147	Z2-61	7.5	220/320	27.8/23.4	1450	195	55	95	31	梨形	$5\frac{1}{3}$	992	2	2-1.16/2-1.40	1～9	125		93	1～47	2	10×12.5
148	Z2-61	8.5	230	37	1450	195	55	95	31	梨形	$4\frac{1}{3}$	806	2	2-1.35/2-1.59	1～9	125		93	1～47	2	10×12.5
149	Z2-62	22	220	114.2	3000	195	55	125	31	梨形	$1\frac{1}{3}$	248	2	5-1.62/5-1.88	1～9	125		93	1～47	4	10×12.5
150	Z2-62	13	110	139	1500	195	55	125	31	梨形	$1\frac{1}{3}$	248	2	5-1.62/5-1.88	1～9	125		93	1～47	4	10×12.5
151	Z6-62	13	220	69.5	1500	195	55	125	31	梨形	$2\frac{1}{3}$	434	2	3-1.56/3-1.82	1～9	125		93	1～47	3	10×12.5
152	Z2-62	7.5	110	82.6	1000	195	55	125	31	梨形	$1\frac{2}{3}$	310	2	4-1.62/4-1.88	1～9	125		93	1～47	3	10×12.5
153	Z2-62	7.5	220	41.3	1000	195	55	125	31	梨形	$3\frac{2}{3}$	682	2	2-1.45/2-1.69	1～9	125		93	1～47	2	10×12.5
154	Z2-62	5.5	110	62.2	750	195	55	125	31	梨形	$2\frac{1}{3}$	434	2	3-1.56/3-1.89	1～9	125		93	1～47	2	10×12.5

续表

序号	电磁负荷		效率(%)	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载(A/cm)	气隙磁密(T)			极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数		线规及牌号QZ(mm)		并励额定励磁电流(A)	极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数	线规及牌号TBR或SBECB(mm)	电枢(kg)	并励(kg)
									串	并	串	并									
133	181	0.668/0.772	83	并	4	50	130	1.2		1530		0.59/0.66	0.804/1.17	4	20	105	1.7	66	1.35×3.38/1.7×3.6	3.44	6.31
134	190.7	0.664	83	他	4	50	130	1.2		1100		0.57/0.64	1.11	4	20	105	1.7	57	1.16×4.7/1.51×5.04	3.44	4.08
135	222	0.717	87	并	4	58	95	1.5	4	1460		0.57/0.64	1.123	4	25	70	3.0	24	1.45×12.5	5.98	4.74
136	269	0.676	84.5	并	4	58	95	1.5	4	930		0.72/0.8	1.447	4	25	70	3.0	24	1.81×12.5	5.98	4.93
137	240	0.763	84.5	并	4	58	95	1.5	6	1800		0.64/0.72	1.178	4	25	70	3.0	44	1.68×6.4/2.07×6.75	5.0	9.07
138	209	0.713	82.5	并	4	58	95	1.5	5	950		0.83/0.92	1.718	4	25	70	3.0	33	1.95×6.4/2.34×6.75	5.84	6.95
139	191	0.781	82.5	并	4	58	95	1.5	10	1800	与换向极相同	0.72/0.80	1.282	4	25	70	3.0	63	1.35×4.7/1.74×5.05	5.41	10.72
140	209	0.71	78.5	并	4	58	95	1.5	7	1000		0.80/0.89	1.596	4	25	70	3.0	44	1.68×6.4/2.07×6.75	5.0	6.77
141	203	0.717	78.5	并	4	58	95	1.5	14	1900		0.59/0.66	0.862	4	25	70	3.0	88	1.16×4.7/1.54×5.05	5.0	7.25
142	189	0.724	86	复	4	58	95	1.5	8	1240		0.59/0.66	1.18	4	25	70	3.0	29	2.1×6.4/2.5×6.8	5.0	4.43
143	231	0.757	84.5	复	4	58	95	1.5	10	820		0.90/0.99	1.928	4	25	70	3.0	29	2.44×6.4/2.84×6.8	5.0	7.21
144	248	0.698	84.5	复	4	58	95	1.5	18	1630		0.55/0.62	0.781	4	25	70	3.0	63	1.25×6.4/1.59×6.74	5.41	5.2
145	199/170	0.638/0.745	85	并	4	58	95	1.5		1700		0.59/0.66	0.842/1.23	4	25	70	3.0	39	1.56×6.4/1.9×6.74	5.0	6.85
146	231/199	0.664/0.765	83.5	并	4	58	95	1.5		1100		0.9/0.99	1.454/2.165	4	25	70	3.0	38	1.68×6.4/2.02×6.74	5.0	9.5
147	231/199	0.662/0.764	83.5	并	4	58	95	1.5		2100		0.64/0.72	0.776/1.132	4	25	70	3.0	78	1.16×4.7/1.5×5.04	4.9	9.27
148	244	0.688	84.5	他	4	58	95	1.5		1600		0.67/0.75	1.14	4	25	70	3.0	63	1.25×6.4/1.59×6.74	5.41	7.48
149	229	0.682	87.5	并	4	58	125	1.5	4	1280		0.55/0.62	1.052	4	25	100	3.0	19	1.81×12.5	6.67	4.54
150	279	0.645	85	并	4	58	125	1.5	3	830		0.69/0.77	1.32	4	25	100	3.0	20	2.26×12.5	6.68	4.61
151	242	0.753	85	并	4	58	125	1.5	8	1530		0.67/0.75	162	4	25	100	3.0	33	2.26×6.4/2.66×6.8	6.5	8.77
152	202	0.776	82.5	并	4	58	125	1.5	3	790		1.08/1.19	2.95	4	25	100	3.0	24	1.45×12.5	6.67	11.85
153	225	0.692	82.5	并	4	58	125	1.5	10	1670		0.59/0.66	0.878	4	25	100	3.0	54	1.81×4.7/2.16×5.04	5.89	7.11
154	215	0.706	82.5	并	4	58	125	1.5	3	900		0.9/0.99	1.785	4	25	100	3.09	34	1.95×6.4/2.29×6.74	6.5	9.28

续表

序号	机座号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	电枢 外径 (mm)	电枢 内径 (mm)	电枢 长度 (mm)	槽数	槽形 $b_n \times h_n$	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ 或 SBECB(mm)	槽节距	换向器 外径 (mm)	换向器 长度 (mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D104 尺寸 ($b_b \times L_b$)
155	Z2-62	5.5	220	31.1	750	195	55	125	31	梨形	$4\frac{1}{3}$	806	2	2-1.25/2-1.49	1~9	125	48	93	1~47	2	10×12.5
156	Z2-62	19	230	82.6	2850	195	55	125	31	梨形	$1\frac{2}{3}$	310	2	4-1.62/4 1.88	1~9	125	65	93	1~47	3	10×12.5
157	Z2-62	19	115	95.6	1450	195	55	125	31	梨形	$1\frac{2}{3}$	310	2	4-1.62/4-1.88	1~9	125	80	93	1~47	4	10×12.5
158	Z2-62	19	230	47.8	1450	195	55	125	31	梨形	$3\frac{1}{3}$	620	2	2-1.62/2-1.88	1~9	125	48	93	1~47	2	10×12.5
159	Z2-62	17	220/320	63/53.1	2850	195	55	125	31	梨形	2	372	2	3-1.56/3-1.82	1~9	125	65	93	1~47	3	10×12.5
160	Z2-62	10	110/160	75/62.5	1450	195	55	125	31	梨形	2	372	2	3-1.56/3-1.82	1~9	125	65	93	1~47	3	10×12.5
161	Z2-62	10	220/320	37/31.2	1450	195	55	125	31	梨形	4	744	2	2-1.35/2-1.59QZ	1~9	125	48	93	1~47	2	10×12.5
162	Z2-62	10	230	47.8	1450	195	55	125	31	梨形	$3\frac{1}{3}$	620	2	2-1.62/2-1.88QZ	1~9	125	48	93	1~47	2	10×12.5
163	Z2-71	30	220	158.5	3000	210	60	125	35	7×28		210	2	2-1.16×4.7/2-1.5×5.04	1~10	150	115	105	115	3	12.5×25
164	Z2-71	17	110	180.6	1500	210	60	125	33	7.7×28	1	198	2	2-1.45×4.7/2-1.80×5.04	1~9	150	115	99	115	3	12.5×25
165	Z2-71	17	220	90	1500	210	60	125	33	7.7×28	2	396	2	1 1.45×4.7/1-1.80×5.04	1~9	150	85	99	85	2	12.5×25
166	Z2-71	10	110	111.5	1000	210	60	125	27	9.5×28	2	324	2	1-1.95×4.7/1-2.30×5.04	1~8	150	85	81	1~41	2	12.5×25
167	Z2-71	10	220	54.8	1000	210	60	125	33	7.7×28	3	594	2	1-1.35×3.05/1-1.70×3.37	1~9	150	55	99	1~50	1	12.5×25
168	Z2-71	7.5	110	85.2	750	210	60	125	33	7.7×28	2	396	2	1-1.45×4.7/1-1.80×5.04	1~9	150	85	99	1~50	2	12.5×25
169	Z2-71	7.5	220	42.1	750	210	60	125	31	7.7×28	4	744	2	1-1.45×2.26/1-1.80×2.57	1~9	150	55	93	1~47	1	12.5×25
170	Z2-71	14	115	121.7	1450	210	60	125	27	9.5×28	1	270	2	2-1.08×4.7/2-1.43×5.04	1~8	150	85	135	1~68	2	12.5×25
171	Z2-71	14	230	61	1450	210	60	125	27	9.5×28	2	540	2	1-1.08×4.7/1-1.43×5.04	1~8	150	55	135	1~68	1	12.5×25
172	Z2-71	13	110/160	96.4/81.3	1450	210	60	125	27	9×28	2	324	2	1-1.81×4.7/1-2.16×5.04	1~8	150	85	81	1~68	2	12.5×25
173	Z2-71	13	220/320	48.1/40.6	1450	210	60	125	35	7×28	3	630	2	1-1.16×3.05/1-1.51×3.37	1~1	150	55	105	1~53	1	12.5×25
174	Z2-71	14	115	121.7	1450	210	60	125	27	9.5×28	1	270	2	2-1.08×4.7/2-1.43×5.04	1~8	150	85	135	1~68	2	12.5×25
175	Z2-71	14	230	61	1450	210	60	125	27	9.5×28	2	540	2	1-1.08×4.7/1-1.43×5.04	1~8	150	55	135	1~68	1	12.5×25
176	Z2-72	40	220	210	3000	210	60	160	27	9×28	1	162	2	2-1.81×4.7/2-2.16×5.04	1~8	150	115	81	1~41	3	12.5×25

续表

序号	电磁负荷		效率(%)	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载(A/cm)	气隙磁密(T)			极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规及牌号QZ(mm) 串	线规及牌号QZ(mm) 并	并励额定励磁电流(A)	极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数	线规及牌号TBR或SBECB(mm)	电枢(kg)	并励(kg)
155	197	0.77	80.5	并	4	58	125	1.5	6	1730	与换向极相同	0.74/0.83	1.33	4	25	100	3.0	62	1.35×4.7/1.70×5.04	5.16	13.7
156	212	0.658	88.5	复	4	58	125	1.5	5	1100		0.55/0.62	1.049	4	25	100	3.0	24	1.45×12.5	6.67	3.85
157	246	0.68	85	复	4	58	125	1.5	5	720		0.83/0.92	1.715	4	25	100	3.0	24	1.68×12.5	6.67	5.92
158	247	0.676	85	复	4	58	125	1.5	10	1310		0.54/0.66	0.956	4	25	100	3.0	49	1.56×6.4/1.9×6.74	6.68	5.47
159	190/166	0.642/0.752	86	并	4	58	125	1.5		1450		0.67/0.75	0.98/1.538	4	25	100	3.0	29	1.95×6.4/2.29×6.8	5.57	7.86
160	230/198	0.664/0.77	83.5	并	4	58	125	1.5		880		1.0/1.11	1.854/2.785	4	25	100	3.0	29	2.44×6.4/2.84×6.8	5.57	10.9
161	230/197	0.66/0.7650	83.5	并	4	58	125	1.5		1850		0.69/0.77	0.86/1.32	4	25	100	3.0	59	1.68×4.7/2.03×5.04	5.55	10.96
162	242	0.67	85	他	4	58	125	1.5		1450		0.67/0.75	1.172	4	25	100	3.0	49	1.56×6.4/1.9×6.74	6.68	7.34
163	250	0.77	86	并	4	68	125	1.5	2	1150		0.69/0.77	1.74	4	28	95	3.0	15	3.05×12.5	6.81	6.9
164	264	0.782	85.5	并	4	68	125	1.5	2	620		1.04/1.15	3.54	4	28	95	3.0	15	3.05×12.5	8.09	8.62
165	264	0.793	86	并	4	68	125	1.5	4	1250		0.77/0.86	1.83	4	28	95	3.0	30	2.83×8/3.23×8.4	8.07	9.75
166	266.5	0.694	81.5	并	4	68	125	1.5	2	670		0.90/0.99	2.59	4	28	95	3.0	24	1.95×12.5	8.96	9.76
167	238.5	0.763	83	并	4	68	125	1.5	5	1280		0.72/0.8	1.6	4	28	95	3.0	24	1.56×8/1.90×8.34	7.17	8.57
168	247	0.74	80	并	4	68	125	1.5	3	710		0.96/1.05	2.685	4	28	95	3.0	30	2.83×8/3.28×8.4	8.09	8.4
169	225.5	0.798	81	并	4	68	125	1.5	6	1440		0.74/0.83	1.487	4	28	95	3.0	55	1.35×8/1.70×8.34	7.07	10.5
170	225.5	0.748	85	复	4	68	125	1.5	5	540		1.0/1.11	3.13	4	28	95	3.0	20	2.26×12.5	8.12	6.81
171	225.5	0.742	85.5	复	4	68	125	1.5	9	1050		0.72/0.80	1.608	4	28	95	3.0	40	1.81×8/2.16×8.34	8.13	7.04
172	243/707.5	0.722/0.837	84.5	并	4	68	125	1.5		780		1.08/1.19	2.52/3.58	4	28	95	3.0	24	1.95×12.5	8.3	11.8
173	236.5/203	0.746/0.864	85	并	4	68	125	1.5		1540		0.83/0.92	1.382/2.06	4	28	95	3.0	47	1.35×8/1.70×8.34	6.49	14.5
174	248.5	0.741	85	他	4	68	125	1.5		540		1.16/1.27	4.15	4	28	95	3.0	20	2.26×12.5	8.12	9.24
175	249.5	0.735	85.5	他	4	68	125	1.5		1100		0.8/0.89	2	4	28	95	3.0	40	1.81×8/8.16×8.34	8.13	8.8
176	255	0.788	86.5	并	4	68	160	1.5	2	1000		0.77/0.86	2.1	4	28	130	3.0	12	4.1×12.5	8.75	8.8

续表

序号	机座号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	电枢 外径 (mm)	电枢 内径 (mm)	电枢 长度 (mm)	槽数	槽形 $b_n \times h_n$	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 SBECB(mm)	槽节距	换向器 外径 (mm)	换向器 长度 (mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D104 尺寸 ($b_b \times L_b$)
177	Z2-72	22	110	232.6	1500	210	60	160	27	9×28	1	162	2	2-1.81×4.7/2-2.16×5.04	1~8	150	115	81	1~41	3	12.5×25
178	Z2-72	22	220	115.4	1500	210	60	160	27	9×28	2	324	2	1-1.81×4.7/1-2.16×5.04	1~8	150	85	81	1~41	2	12.5×25
179	Z2-72	13	110	142.3	1000	210	60	160	39	6.6×28	1	234	2	2-1.16×4.7/2-2.51×5.04	1~11	150	85	117	1~59	2	12.5×25
180	Z2-72	13	220	70.7	1000	210	60	160	39	6.6×28	2	468	2	1-1.16×4.7/1-1.51×5.04	1~11	150	55	117	1~59	1	12.5×25
181	Z2-72	10	110	112.1	750	210	60	160	27	9.5×28	2	324	2	1-1.95×4.7/1-2.30×5.04	1~8	150	85	81	1~41	2	12.5×25
182	Z2-72	10	220	55.8	750	210	60	160	33	7.7×28	3	594	2	1-1.35×3.05/1-1.70×3.37	1~9	150	55	99	1~50	1	12.5×25
183	Z2-72	19	115	165.1	1450	210	60	160	33	7.6×28	1	198	2	2-1.35×4.7/2-1.70×5.04	1~9	150	115	99	1~50	3	12.5×25
184	Z2-72	19	230	82.55	1450	210	60	160	33	7.7×28	2	396	2	1 1.35×4.7/1-1.70×5.04	1~9	150	85	99	1~50	2	12.5×25
185	Z2-72	17	110/160	126/106	1450	210	60	160	27	9.5×28	1	270	2	2-1.08×4.7/2-1.43×5.04	1~8	150	85	135	1~68	2	12.5×25
186	Z2-72	17	220/320	63/53.1	1450	210	60	160	27	9.5×28	2	540	2	1-1.08×4.7/1-1.43×5.04	1~8	150	55	135	1~68	1	12.5×25
187	Z2 72	19	115	165.1	1450	210	60	160	33	7.7×28	1	198	2	2 1.35×4.7/2-1.70×5.04	1~9	150	115	99	1~50	3	12.5×25
188	Z2-72	19	230	82.55	1450	210	60	160	33	7.7×28	2	396	2	1-1.35×4.7/1-1.70×5.04	1~9	150	85	99	1~50	2	12.5×25
189	Z2-81	30	110	315.5	1500	245	70	135	27	12×28	1	162	2	2-2.83×4.7/2-3.23×5.1	1~8	180	145	81	1~41	4	12.5×25
190	Z2-81	30	220	156.9	1500	245	70	135	31	10.5×28	1	310	2	2-1.25×4.7/2-1.60×5.04	1~9	180	115	155	1~78	3	12.5×25
191	Z2-81	17	110	185	1000	245	70	135	35	8.3×28	1	210	2	2 1.56×4.7/2-1.91×5.04	1~10	180	115	105	1~53	3	12.5×25
192	Z2-81	17	220	92	1000	245	70	135	35	8.3×28	2	420	2	1-1.56×4.7/1-1.91×5.04	1~10	180	85	105	1~53	2	12.5×25
193	Z2-81	13	110	145	750	245	70	135	27	9.9×28	1	270	2	2×1.16×4.72/1.51×5.04	1~8	180	115	135	1~68	3	12.5×25
194	Z2-81	13	220	72.1	750	245	70	135	27	9.9×28	2	540	2	1-1.16×4.7/1-1.51×5.04	1~8	180	85	135	1~68	2	12.5×25
195	Z2-81	26	115	226	1450	245	70	135	31	9.5×28	1	186	2	2-1.95×4.7/2-2.3×5.04	1~9	180	145	93	1~47	4	12.5×25
196	Z2-81	26	230	113	1450	245	70	135	31	9.5×28	2	372	2	2-1.95×4.7/1-2.30×5.04	1~9	180	85	93	1~47	2	12.5×25
197	Z2-81	14	115	121.8	960	245	70	135	27	9.9×28	1	270	2	2-1.08×4.7/2-1.43×5.04	1~8	180	85	135	1~68	2	12.5×25
198	Z2-81	14	230	60.9	960	245	70	135	27	9.9×28	2	540	2	1-1.80×4.7/1-1.43×5.04	1~8	180	85	135	1~68	2	12.5×25

续表

序号	电磁负荷		效率(%)	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载(A/cm)	气隙磁密(T)			极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数		线规及牌号QZ(mm)		并励额定励磁电流(A)	极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数	线规及牌号TBR或SBECB(mm)	电枢(kg)	并励(kg)
									串	并	串	并									
177	280	0.751	86	并	4	68	160	1.5	2	560	与换向极相同	1.0/1.11	3.18	4	28	130	3.0	12	4.1×12.5	9.16	8.21
178	277.5	0.759	86.5	并	4	68	160	1.5	4	1160		0.74/0.83	1.62	4	28	130	3.0	24	1.95×12.5	9.16	9.5
179	246	0.761	83	并	4	68	160	1.5	2	560		1.12/1.23	3.79	4	28	130	3.0	17	2.63×12.5	8.36	10.48
180	243	0.768	83.5	并	4	68	160	1.5	4	1200		0.8/0.89	1.81	4	28	130	3.0	35	2.1×8/2.5×8.4	8.36	11.75
181	268	0.711	81	并	4	68	160	1.5	2	630		1.04/1.15	2.95	4	28	130	3.0	24	1.95×12.5	9.81	10.14
182	242	0.788	81.5	并	4	68	160	1.5	4	1200		0.80/0.89	1.872	4	28	130	3.0	44	1.68×8/2.03×8.34	7.92	11.75
183	253	0.79	85.5	复	4	68	160	1.5	4	560		1.16/1.27	3.49	4	28	130	3.0	15	3.05×12.5	8.78	11.26
184	253	0.783	86	复	4	68	160	1.5	8	880		0.80/0.89	2.08	4	28	130	3.0	29	2.44×8/2.84×8.4	8.27	8.4
185	264/225.2	0.68/0.788	85.5	并	4	68	160	1.5		640		1.12/1.23	2.94/4.04	4	28	130	3.0	20	2.26×12.5	8.95	11.9
186	266/229	0.675/0.789	86	并	4	68	160	1.5		1220		0.80/0.89	1.5/2.1	4	28	130	3.0	40	1.81×8/2.15×8.34	9.0	11.8
187	248	0.785	85.5	他	4	68	160	1.5		420		1.35/1.46	6.09	4	28	130	3.0	15	3.05×12.5	8.78	11.28
188	248	0.776	86	他	4	68	160	1.5		830		0.93/1.02	2.98	4	28	130	3.0	29	2.44×8/2.84×8.4	8.27	10.55
189	328	0.755	86.5	并	4	84	135	2.0	1	620		1.2/1.31	4.02	4	32	105	4.0	12	4.4×14.5	14.6	13
190	311	0.784	87	并	4	84	135	2.0	3	1200		1.30/1.41	2.4	4	32	105	4.0	23	2.1×14.5	12.4	15.6
191	247.5	0.857	83.5	并	4	84	135	2.0	2	740		1.30/1.41	4.02	4	32	105	4.0	16	2.83×14.5	10.52	18.85
192	246.5	0.865	84	并	4	84	135	2.0	3	1440		0.96/1.05	2.2	4	32	105	4.0	32	2.44×8/2.84×8.4	10.52	20.4
193	248	0.866	81.5	并	4	84	135	2.0	2	740		1.30/1.41	4	4	32	105	4.0	20	2.26×14.5	9.95	18.9
194	246	0.875	82	并	4	84	135	2.0	4	1400		0.93/1.02	2.085	4	32	105	4.0	41	1.95×8/2.30×8.34	9.95	18.45
195	278	0.84	86	复	4	84	135	2.0	4	530		1.25/1.36	4.45	4	32	105	4.0	14	3.28×14.5	11.7	12.32
196	278	0.83	86.5	复	4	84	135	2.0	7	1050		0.90/0.99	2.26	4	32	105	4.0	28	1.68×14.5	11.65	12.6
197	221	0.896	81.5	复	4	84	135	2.0	8	530		1.30/1.41	4.61	4	32	105	4.0	21	2.26×14.5	9.22	13.5
198	221	0.889	82.5	复	4	84	135	2.0	16	1050		0.90/0.99	2.26	4	32	105	4.0	41	1.95×8/2.30×8.34	9.25	12.6

续表

序号	机座号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	电枢 外径 (mm)	内径 (mm)	长度 (mm)	槽数	槽形 $b_n \times h_n$	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 SBECB(mm)	槽节距	换向器 外径 (mm)	长度 (mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D104 尺寸 ($b_b \times L_b$)
199	Z2-81	22	110/160	163/137.5	1450	245	70	135	27	12×28	1	270	2	2-1.56×4.7/2-1.91×5.04	1~8	180	115	135	1×68	3	12.5×25
200	Z2-81	22	220/320	81.5/68.7	1450	245	70	135	27	12×28	2	540	2	2-1.56×4.7/1-1.91×5.04	1~8	180	85	135	1~68	2	12.5×25
201	Z2-81	26	115	22.7	1450	245	70	135	31	9.5×28	1	186	2	2-1.95×4.7/2-2.3×5.04	1~9	180	145	93	1~47	4	12.5×25
202	Z2-81	26	230	113	1450	245	70	135	31	9.5×28	2	372	2	1-1.95×4.7/1-2.30×5.04	1~9	180	115	93	1~47	2	12.5×25
203	Z2-81	14	115	121.8	960	245	70	135	27	9.9×28	1	270	2	2-1.08×4.7/2-1.43×5.04	1~8	180	115	135	1~68	2	12.5×25
204	Z2-81	14	230	60.9	960	245	70	135	27	8.3×28	2	540	2	1-1.08×4.7/1-1.43×5.04	1~8	180	115	135	1~68	2	12.5×25
205	Z2-82	40	220	208	1500	245	70	180	35	9.9×28	1	210	2	2-1.68×4.7/2-2.03×5.04	1~10	180	115	105	1~53	3	12.5×25
206	Z2-82	22	110	238	1000	245	70	180	27	9.6×28	1	162	2	2-2.1×4.7/2-2.5×5.1	1~8	180	145	81	1~41	4	12.5×25
207	Z2-82	22	220	118.2	1000	245	70	180	27	9.9×28	2	324	2	1-2.1×4.7/1-2.5×5.1	1~8	180	85	81	1~41	2	12.5×25
208	Z2-82	17	110	187.2	750	245	70	180	35	8.3×28	1	210	2	2-1.56×4.7/2-1.91×5.04	1~10	180	115	105	1~53	3	12.5×25
209	Z2-82	17	220	93.2	750	245	70	180	35	8.3×28	2	420	2	1-1.56×4.7/1-1.91×5.04	1~10	180	85	105	1~53	2	12.5×25
210	Z2-82	35	115	304	1450	245	70	180	27	12×28	1	162	2	2-2.83×4.7/2-3.25×5.10	1~8	180	145	81	1~41	4	12.5×25
211	Z2-82	35	230	152	1450	245	70	180	31	10.5×28	1	310	2	2-1.25×4.7/2-1.59×5.04	1~9	180	115	155	1~78	3	12.5×25
212	Z2-82	19	115	165	960	245	70	180	35	8.3×28	1	210	2	2-1.56×4.7/2-1.91×5.04	1~10	180	115	105	1~53	3	12.6×25
213	Z2-82	19	230	82.5	960	245	70	180	35	8.3×28	2	420	2	1-1.56×4.7/1-1.91×5.04	1~10	180	85	105	1~53	2	12.5×25
214	Z2-82	30	110/160	222/187.5	1450	245	70	180	31	9.5×28	1	186	2	2-1.95×4.7/2-2.3×5.04	1~9	180	145	93	1~47	4	12.5×25
215	Z2-82	30	220/320	111/93.75	1450	245	70	180	31	9.5×28	2	372	2	1-1.95×4.7/1-2.3×5.04	1~9	180	85	93	1~47	2	12.5×25
216	Z2-82	35	115	304	1450	245	70	180	27	12×28	1	162	2	2-2.83×4.7/2-3.23×5.10	1~8	180	145	81	1~41	4	12.5×25
217	Z2-82	35	230	152	1450	245	70	180	31	10.5×28	1	310	2	2-1.25×4.7/2-1.59×5.04	1~9	180	115	155	1~78	3	12.5×25
218	Z2-82	19	115	165	960	245	70	180	35	8.3×28	1	210	2	2-1.56×4.7/2-1.9×5.04	1~10	180	115	105	1~53	3	12.5×25
219	Z2-82	19	230	82.5	960	245	70	180	35	8.3×28	2	420	2	1-1.56×4.7/1-1.9×5.04	1~10	18	85	105	1~53	2	12.5×25
220	Z2-91	55	220	284	1500	294	80	145	37	8.9×35	1	222	2	2-1.81×6.4/2-2.16×6.74	1~10	200	150	111	1~56	4	16×25(D172)

续表

序号	电磁负荷		效率 (%)	励磁方式	主极								并励额定励磁电流 (A)	换向极						绕组铜重	
	线负载 (A/cm)	气隙磁密 (T)			极数	极身宽 (mm)	极身长 (mm)	气隙 (mm)	每极匝数		线规及牌号 QZ(mm)			极数	极身宽 (mm)	极身长 (mm)	气隙 (mm)	每极匝数	线规及牌号 TBR 或 SBECB(mm)	电枢 (kg)	并励 (kg)
									串	并	串	并									
199	293.5/249.5	0.677/0.786	86	并	4	84	135	2.0		730		1.25/1.36	3.19/4.56	4	32	105	4.0	21	2.44×14.5	13.5	16.75
200	291.5/250	0.672/0.783	86.5	并	4	84	135	2.0		1520		0.86/0.95	1.5/2.16	4	32	105	4.0	42	2.26×8/2.66×8.4	13.5	16.5
201	273	0.832	86	他	4	84	135	2.0		550		1.45/1.56	5.81	4	32	105	4.0	14	3.28×14.5	11.7	17
202	273	0.823	86.5	他	4	84	135	2.0		1100		1.04/1.15	2.83	4	32	105	4.0	28	1.68×14.5	11.66	17.4
203	214	0.883	81.5	他	4	84	135	2.0		520		1.50/1.61	6.29	4	32	105	4.0	21	2.26×14.5	9.22	17.1
204	214	0.876	82.5	他	4	84	135	2.0		1100		1.04/1.15	2.9	4	32	105	4.0	41	3.05×14.5	9.25	17.4
205	278	0.894	87.5	并	4	84	180	2.0	2	1050	与	1.12/1.23	3.4	4	32	150	4.0	16	3.53×14.5	12.82	23.5
206	245.5	0.84	84	并	4	84	180	2.0	1	640		1.3/1.41	4.01	4	32	150	4.0	12	1.81×14.5	11.91	18.8
207	242.5	0.85	84.5	并	4	84	180	2.0	3	1290	换	0.96/1.05	2.14	4	32	150	4.0	24	3.05×14.5	11.91	20.9
208	248.5	0.847	82.5	并	4	84	180	2.0	2	670		1.4/1.51	4.374	4	32	150	4.0	16	2.44×8/2.84×8.4	11.71	23.3
209	248	0.855	83	并	4	84	180	2.0	3	1300	向	1.01/1.15	2.42	4	32	150	4.0	32	2.44×8/2.84×8.4	11.71	25.1
210	326	0.718	86.5	复	4	84	180	2.0	2	470		1.25/1.36	4.34	4	32	150	40	12	4.4×14.5	16.21	12.4
211	321	0.746	87	复	4	84	180	2.0	5	880	极	0.90/0.99	2.44	4	32	150	4.0	24	2.26×14.5	13.77	12.1
212	231	0.854	82.5	复	4	84	180	2.0	5	500		1.4/1.51	4.97	4	32	150	4.0	16	2.63×14.5	11.7	17.2
213	231	0.846	83.5	复	4	84	180	2.0	10	1010	相	1.0/1.11	2.4	4	32	150	4.0	32	2.26×8/2.66×8.4	11.7	17.83
214	273/232.5	0.728/0.849	86.5	并	4	84	180	2.0		650	同	1.35/1.46	3.72/5.15	4	32	150	4.0	14	3.53×14.5	13.1	20.4
215	273/232.5	0.724/0.844	87	并	4	84	180	2.0		1380		0.96/1.05	1.73/2.39	4	32	150	4.0	28	3.05×8/3.45×8.4	13.1	22.1
216	320	0.712	86.5	他	4	84	180	2.0		480		1.5/1.61	5.76	4	32	150	4.0	12	4.4×14.5	16.25	18.4
217	306	0.74	87	他	4	84	180	2.0		910		1.08/1.19	3.13	4	32	150	4.0	24	2.26×14.5	13.77	18.1
218	225	0.844	82.5	他	4	84	180	2.0		500		1.62/1.73	6.66	4	32	150	4.0	16	2.63×14.5	11.7	22.65
219	225	0.835	83.5	他	4	84	180	2.0		950		1.12/1.23	3.28	4	32	150	4.0	32	2.26×8/2.26×8.4	11.7	20.6
220	336	0.878	88	并	4	106	145	2.5	2	1120		1.12/1.23	3.39	4	40	115	5.0	17	4.4×19.5	20.6	23.7

续表

序号	机座号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	电枢										换向器					
						外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数	槽形 $b_n \times h_n$	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 SBECB(mm)	槽节距	外径(mm)	长度(mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D172 尺寸 ($b_b \times L_b$)
221	Z2-91	30	110	319	1000	249	80	145	29	11.4×35	1	174	2	2-2.44×6.4/2-2.84×6.8	1~8	200	150	87	1~44	4	16×25
222	Z2-91	30	220	158.5	1000	249	80	145	29	11.4×35	2	348	2	2.44×6.4/2.84×6.8	1~8	200	120	87	1~44	3	16×25
223	Z2-91	22	110	239.5	750	249	80	145	37	8.935	1	222	2	2-1.81×6.4/2-2.16×6.74	1~10	200	120	111	1~56	3	16×25
224	Z2-91	22	220	119	750	249	80	145	37	8.9×35	2	444	2	1.81×6.4/2.16×6.74	1~10	200	90	111	1~56	2	16×25
225	Z2-91	17	110	193	600	249	80	145	29	12×35	1	290	2	2-1.56×6.4/2-1.91×6.74	1~8	200	180	150	1~2	5	16×25
226	Z2-91	17	220	95.5	600	249	80	145	29	1235	2	580	2	1.56×6.4/1.91×6.74	1~8	200	90	145	1~73	2	16×25
227	Z2-91	48	115	418	145	249	80	145	30	1164×35	1	300	4	2-1.45×6.4/2-1.80×6.74	1~8	200	120	145	1~73	3	16×25
228	Z2-91	48	230	209	1450	249	80	145	29	11.4×35	1	290	2	2-1.45×6.4/2-1.80×6.74	1~8	200	120	145	1~73	3	16×25
229	Z2-91	26	115	226	960	249	80	145	37	8.9×35	1	222	2	2-1.81×6.4/2-2.16×6.74	1~10	200	15	111	1~56	4	16×25
230	Z2-91	26	230	113	960	249	80	145	37	8.9×35	2	444	2	1.81×6.4/2.16×6.74	1~10	200	90	111	1~56	2	16×25
231	Z2-91	40	110/160	296/250	1450	249	80	1450	33	10×35	1	198	2	2-2.1×6.4/2-2.5×6.8	1~9	200	180	99	1~50	5	16×25
232	Z2-91	40	220/320	148/125	1450	294	80	145	33	10×35	2	396	2	2.1×6.4/2.5×6.8	1~9	200	120	99	1~50	3	16×25
233	Z2-91	48	115	418	1450	294	80	145	30	11.4×35	1	394	4	2-1.45×6.4/2-1.8×6.74	1~8	200	180	150	1~2	5	16×25
234	Z2-91	48	230	209	1450	294	80	145	29	11.4×35	1	290	2	2 1.45×6.4/2-1.8×6.74	1~8	200	120	145	1~73	3	16×25
235	Z2-91	26	115	226	960	294	80	145	37	8.9×35	1	222	2	2-1.81×6.4/2-2.16×6.74	1~10	200	150	111	1~56	4	16×25
236	Z2-91	26	230	113	960	294	80	185	37	8.9×35	2	444	2	1.81×6.4/2.16×6.74	1~10	200	90	111	1~56	2	16×25
237	Z2-92	75	220	385	1500	294	80	185	29	11.4×35	1	174	2	2-2.63×6.4/2-3.03×6.8	1~8	200	180	87	1~44	5	16×25
238	Z2-92	40	110	423	1000	294	80	185	34	10×35	1	272	4	2-1.56×6.4/2-1.91×6.74	1~9	200	180	136	1~2	5	16×25
239	Z2-92	40	220	210	1000	294	80	185	29	12×35	1	290	2	2-1.56×6.4/2-1.91×6.74	1~8	200	120	145	1~73	3	16×25
240	Z2-92	30	110	323	750	294	80	185	29	11.4×35	1	174	2	2-2.66×6.4/2-3.03×6.8	1~8	200	150	87	1~44	4	16×25
241	Z2-92	30	220	160.5	750	294	80	185	29	11.4×35	2	348	2	1-2.63×6.4/1-3.03×6.8	1~8	200	90	87	1~44	2	16×25
242	Z2-92	22	110	242.5	600	294	80	185	37	9.3×35	1	222	2	2-1.95×6.4/2-2.35×6.74	1~10	200	120	111	1~56	3	16×25

续表

序号	电磁负荷		效率(%)	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载(A/cm)	气隙磁密(T)			极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数		线规及牌号QZ(mm)		并励额定励磁电流(A)	极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数	线规及牌号TBR或SBECB(mm)	电枢(kg)	并励(kg)
									串	并	串	并									
221	295.5	0.822	85.5	并	4	106	145	2.5	1	640		1.45/1.56	5.08	4	40	115	5.0	13	5.5×19.5	21.4	22.35
222	294	0.828	86	并	4	106	145	2.5	3	1320		1.0/1.11	2.385	4	40	115	5.0	26	2.63×19.5	21.4	22
223	281	0.845	83.5	并	4	106	145	2.5	2	640		1.45/1.56	5.11	4	40	115	5.0	17	4.4×19.5	20.6	22.35
224	278.5	0.852	84	并	4	106	145	2.5	4	1300		1.04/1.15	2.58	4	40	115	5.0	34	2.1×19.5	20.6	23.7
225	296	0.793	80	并	4	106	145	2.5	2	640		1.45/1.56	4.89	4	40	115	5.0	22	3.28×19.5	23.1	22.35
226	292.5	0.802	81	并	4	106	145	2.5	4	1300		1.04/1.15	2.47	4	40	115	5.0	44	1.56×19.5	23.1	23.7
227	344	0.794	87	复	4	106	145	2.5	2	480	与换向极相同	1.45/1.56	5.66	4	40	115	5.0	11	6.5×19.5	22.2	16.35
228	333	0.812	81.5	复	4	106	145	2.5	4	1000		1.0/1.11	2.71	4	40	115	5.0	22	3.28×19.5	21.4	16.37
229	278	0.821	84.5	复	4	106	145	2.5	4	480		1.41/1.51	5.32	4	40	115	5.0	17	4.4×19.5	20.6	15.33
230	278	0.815	85.5	复	4	106	145	2.5	7	1000		1.0/1.11	2.592	4	40	115	5.0	34	2.1×19.5	20.6	16.37
231	320/273	0.711/0.822	87	并	4	106	145	2.5		720		1.35/1.46	3.73/4.83	4	40	115	5.0	15	4.4×19.5	20.8	21.5
232	320/273	0.701/0.818	87.5	并	4	106	145	2.5		1440		0.96/1.05	1.848/2.395	4	40	115	5.0	30	2.26×19.5	20.8	21.8
233	339	0.789	87	他	4	106	145	2.5		500		1.62/1.73	6.92	4	40	115	5.0	11	6.5×19.5	22.2	21.4
234	328	0.809	87.5	他	4	106	145	2.5		1040		1.12/1.23	3.37	4	40	115	5.0	22	3.28×19.5	21.4	21.4
235	271	0.815	84.5	他	4	106	145	2.5		500		1.62/1.77	6.78	4	40	115	5.0	17	4.4×19.5	20.6	21.4
236	271	0.81	85.5	他	4	106	145	2.5		1000		1.16/1.27	3.36	4	40	115	5.0	34	2.1×19.5	20.6	20.5
237	358	0.883	88.5	并	4	106	185	2.5	2	1000		1.2/1.31	3.83	4	40	185	5.0	13	5.1×19.5	25.1	27.4
238	307	0.824	86	并	4	106	185	2.5	2	540		1.45/1.56	5.45	4	40	185	5.0	11	6.5×19.5	23.5	21.2
239	323	0.781	86.5	并	4	106	185	2.5	3	1060		1.0/1.11	2.69	4	40	185	5.0	22	3.28×19.5	25.1	19.7
240	300.5	0.851	84.5	并	4	106	185	2.5	2	600		1.56/1.67	5.51	4	40	185	5.0	13	5.1×19.5	25.1	27.7
241	295.5	0.864	85	并	4	106	185	2.5	4	1020		1.16/1.27	3.39	4	40	185	5.0	23	2.83×19.5	25.1	26.4
242	286	0.819	82.5	并	4	106	185	2.5	2	600		1.56/1.67	5.325	4	40	185	5.0	17	3.8×19.5	24.1	27.7

续表

序号	机座号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	电枢										换向器					
						外径 (mm)	内径 (mm)	长度 (mm)	槽数	槽形 $b_n \times h_n$	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 QZ、SBECB(mm)	槽节距	外径 (mm)	长度 (mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D104 尺寸 ($b_b \times L_b$)
243	Z2-92	22	220	119.7	600	294	80	185	37	9.3×35	2	444	2	1-1.95×6.4/1-2.30×6.74	1～10	200	90	111	1～50	2	16×25
244	Z2-92	67	230	291	1450	294	80	185	37	9.3×35	1	222	2	2-1.95×6.4/2-2.30×6.74	1～10	200	150	111	1～50	4	16×25
245	Z2-92	35	115	304	960	294	80	185	29	11.4×35	1	174	2	2-2.44×6.4/2-2.84×6.8	1～8	200	150	87	1～44	4	16×25
246	Z2-92	35	230	152	960	294	80	185	29	11.4×35	2	348	2	1-2.44×6.4/1-2.84×6.8	1～8	200	90	87	1～44	2	16×25
247	Z2-92	55	110/160	407/344	1450	294	80	185	30	11.4×35	1	300	4	2-1.45×6.4/2-1.80×6.74	1～8	200	180	150	1～2	5	16×25
248	Z2-92	55	220/320	202.5/172	1450	294	80	185	29	11.4×35	1	290	2	2-1.45×6.4/2 1.80×6.74	1～8	200	120	145	1～73	3	16×25
249	Z2-92	67	230	291	1450	294	80	185	37	9.3×35	1	222	2	2-1.95×6.4/2-2.30×6.74	1～10	200	150	111	1～56	4	16×25
250	Z2-92	35	115	304	960	294	80	185	29	11.4×35	1	174	2	2-2.44×6.4/2-2.84×6.8	1～8	200	150	87	1～44	4	16×25
251	Z2-92	35	230	152	960	294	80	185	29	11.4×35	2	348	2	1-2.44×6.4/1-2.84×6.8	1～8	200	90	87	1～44	2	16×25
252	Z2-101	100	220	511	1500	327	95	195	34	10.5×35	1	272	4	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～9	230	185	136	1～2	4	20×32
253	Z2-101	55	220	285.6	1000	327	95	195	37	9.5×35	1	222	2	2-1.95×6.4/2-2.28×6.75	1～10	230	110	111	1～56	2	20×32
254	Z2-101	40	110	425	750	327	95	195	34	10.5×35	1	272	4	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～9	230	145	136	1～2	3	20×32
255	Z2-101	40	220	212	750	327	95	195	34	10.5×35	1	270	2	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～9	230	110	135	1～68	2	20×32
256	Z2-101	30	110	324.4	600	327	95	195	31	12×35	1	186	2	2-2.83×6.4/2-3.23×6.8	1～9	230	145	93	1～47	3	20×32
257	Z2-101	30	220	161.5	600	327	95	195	35	10.5×35	1	350	2	2-1.35×6.4/2-1.70×6.74	1～10	230	110	175	1～88	2	20×32
258	Z2-101	90	230	391	1450	327	95	195	31	12×35	1	186	2	2-2.83×6.4/2-3.23×6.74	1～9	230	145	93	1～47	3	20×32
259	Z2-101	48	115	418	960	327	95	195	34	10.5×35	1	272	4	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～9	230	145	136	1～2	3	20×32
260	Z2-101	48	230	209	960	327	95	195	34	10.5×35	1	270	2	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～9	230	110	135	1～68	2	20×32
261	Z2-101	75	220/320	278	1450	327	95	195	37	9.3×35	1	222	2	2-1.95×6.4/2-2.28×6.74	1～10	230	110	111	1～56	2	20×32
262	Z2-101	90	230	391	1450	327	95	195	31	12×35	1	186	2	2-2.83×6.4/2-3.23×6.8	1～9	230	145	93	1～47	3	20×32
263	Z2-101	48	115	418	960	327	95	195	34	10.6×35	1	272	4	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～9	230	145	136	1～2	3	20×32
264	Z2-101	48	230	209	960	327	95	195	34	10.5×35	1	270	2	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～9	230	110	135	1～68	2	20×32

续表

序号	电磁负荷		效率(%)	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载(A/cm)	气隙磁密(T)			极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规及牌号QZ(mm) 串	线规及牌号QZ(mm) 并	并励额定励磁电流(A)	极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数	线规及牌号TBR(mm)	电枢(kg)	并励(kg)
243	280	0.83	83.5	并	4	106	185	2.5	4	1160		1.12/1.23	2.845	4	40	185	5.0	34	2.1×19.5	24.1	28
244	353	0.826	88	复	4	106	185	2.5	3	1020		1.16/1.627	2.975	4	40	185	5.0	17	4.1×19.5	24.1	26.4
245	291	0.817	86	复	4	106	185	2.5	3	540		1.45/1.56	4.85	4	40	185	5.0	13	5.1×19.5	23.2	21.25
246	292	0.812	87	复	4	106	185	2.5	5	1000		1.08/1.19	2.705	4	40	185	5.0	27	2.44×19.5	23.2	22.1
247	335/285	0.723/0.845	87.5	并	4	106	185	2.5		580		1.56/1.67	5.0/6.85	4	40	185	5.0	11	6.5×19.5	24.1	26.4
248	324/277	0.742/0.868	88	并	4	106	185	2.5		1180		1.12/1.23	2.5/3.46	4	40	185	5.0	22	3.28×19.5	22.3	27.8
249	350	0.824	88	他	4	106	185	2.5		840	与换向极相同	1.30/1.41	4.59	4	40	185	5.0	17	4.1×19.5	24.1	26.7
250	286	0.813	86	他	4	106	185	2.5		460		1.25/1.36	7.50	4	40	185	5.0	13	5.1×19.5	23.2	27.05
251	286	0.806	87	他	4	106	185	2.5		940		1.2/1.31	3.61	4	40	185	5.0	27	2.44×19.5	23.2	25.2
252	334.5	0.938	89	并	4	128	195	2.5	1.5	880		1.3/1.41	4.75	4	45	160	5.0	10	2-3.28×19.5	27.8	31.6
253	303	0.847	87.5	并	4	128	195	2.5	2	1000		1.08/1.19	2.953	4	45	160	5.0	16	3.8×19.5	26.35	24
254	276	0.911	85.5	并	4	128	195	2.5	1.5	500		2-1.25/2-1.36	7.31	4	45	160	5.0	10	2-3.05×19.5	27.8	33.5
255	273	0.925	86	并	4	128	195	2.5	2.5	1000		1.3/1.41	3.965	4	45	160	5.0	20	3.05×19.5	27.6	36.2
256	287.5	0.82	84	并	4	128	195	2.5	1.5	540		1.56/1.67	5.64	4	45	160	5.0	14	2-2.63×19.5	31.6	27.3
257	270	0.881	84.5	并	4	128	195	2.5	3	1000		1.2/1.31	3.565	4	45	160	5.0	26	2.63×19.5	28.4	30.2
258	257	0.813	88.5	复	4	128	195	2.5	2.5	900		1.12/1.23	3.0	4	45	160	5.0	14	5.1×19.5	31.6	23.4
259	282	0.8585	86.5	复	4	128	195	2.5	2	460		1.62/1.73	6.22	4	45	160	5.0	10	2-2.83×19.5	27.8	24.8
260	278	0.854	87.5	复	4	128	195	2.5	3.5	860		1.16/1.27	3.38	4	45	160	5.0	20	3.05×19.5	27.8	23.95
261	304/256.3	0.796/0.933	88	并	4	128	195	2.5		1080		1.2/1.31	2.85/3.97	4	45	160	5.0	16	3.53×19.5	26.35	32.3
262	353.5	0.81	88.5	他	4	128	195	2.5		780		1.3/1.41	4.56	4	45	160	5.0	14	5.1×19.5	31.6	26.8
263	276.2	0.851	86.5	他	4	128	195	2.5		400		2-1.35/2-1.46	9.3	4	45	160	5.0	10	2-2.83×19.5	27.8	31.9
264	274.2	0.85	87.5	他	4	128	195	2.5		820		1.3/1.41	4.39	4	45	160	5.0	20	3.05×19.5	27.8	28.4

续表

序号	机座号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	电枢										换向器					电刷规格
						外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数	槽形 $b_n \times h_n$	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 SBECB(mm)	槽节距	外径(mm)	长度(mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	型号 D104 尺寸 ($b_b \times L_b$)
265	Z2-102	125	220	635	1500	327	95	240	38	9.3×35	1	228	4	2-1.95×6.4/2-2.29×6.74		230	185	114		5	20×32
266	Z2-102	75	220	385	1000	327	95	240	31	12×35	1	186	2	2-2.83×6.4/2-3.23×6.7	1～9	230	145	93	1～47	3	20×32
267	Z2-102	55	220	289	750	327	95	240	37	9.3×35	1	222	2	2-1.95×6.4/2-2.29×6.74	1～10	230	110	111	1～56	2	20×32
268	Z2-102	40	110	431	600	327	95	240	34	10.5×35	1	272	4	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～9	230	145	136	1～2	3	20×32
269	Z2-102	40	220	214	600	327	95	240	34	10.5×35	1	270	2	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～9	230	110	135	1～68	2	20×32
270	Z2-102	115	230	500	1450	327	95	240	34	10.5×35	1	272	4	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～9	230	185	136	1～2	4	20×32
271	Z2-102	67	115	582	960	327	95	240	34	9.3×35	1	204	4	2-1.95×6.4/2-2.29×6.74	1～9	230	185	102	1～2	4	20×32
272	Z2-102	67	230	291	960	327	95	240	34	9.3×35	1	202	2	2-1.95×6.4/2-2.29×6.74	1～9	230	110	101	1～51	2	20×32
273	Z2-102	100	220/320	370.5	1450	327	95	240	31	12×35	1	186	2	2-2.83×6.4/2-3.23×6.8	1～9	230	145	93	1～47	3	20×32
274	Z2-102	115	230	500	1450	327	95	240	34	10.5×35	1	272	4	2-1.68×664/2-2.02×6.74	1～9	230	185	136	1～2	4	20×32
275	Z2-102	67	115	582	960	327	95	240	34	9.3×35	1	204	4	2-1.95×6.4/2-2.29×6.74	1～9	230	185	102	1～2	4	20×32
276	Z2-102	67	230	291	960	327	95	240	34	9.3×35	1	202	2	2-1.95×6.4/2-2.29×6.74	1～9	230	110	101	1～51	2	20×32
277	Z2-111	160	220	808	1500	363	110	230	50	8.5×35	1	200	4	2-2.63×6.4/2-3.03×6.8	1～13	250	225	100	1～2	5	25×32
278	Z2-111	100	220	511	1000	363	110	230	50	8.5×35	1	300	4	2-1.68×6.4/2-1.03×6.74	1～13	250	150	150	1～2	3	25×32
279	Z2-111	75	220	387	750	363	110	230	35	12.7×35	1	210	2	2-3.05×6.4/2-3.43×6.8	1～10	250	115	105	1～53	2	25×32
280	Z2-111	55	220	289	600	363	110	230	43	10.5×35	1	258	2	2-2.26×6.4/2-2.66×6.8	1～12	250	115	129	1～65	2	25×32
281	Z2-111	145	230	631	1450	363	110	230	42	10.5×35	1	252	4	2-2.26×6.4/2-2.66×6.8	1×11	250	190	126	1～2	4	25×32
282	Z2-111	90	230	391	960	363	110	230	35	12.7×35	1	210	2	2-3.05×6.4/2-3.43×6.9	1～10	250	150	105	1～53	3	25×32
283	Z2-111	125	220/320	464/391	1450	363	110	230	42	10.5×35	1	336	4	2-1.68×6.4/2-2.03×6.74	1～11	250	150	168	1～2	3	25×32
284	Z2-111	155	440	392	1500	363	110	230	50	8.5×35	1	400	4	2-1.25×6.4/2-1.6×6.74	1～13	250	150	200	1～2	3	25×32
285	Z2-111	100	440	256	1000	363	110	230	49	8.5×35	1	294	2	2-1.68×6.4/2-2.03×6.74	1～13	250	115	147	1～74	2	25×32
286	Z2-111	145	460	315.5	1450	363	110	230	43	10.5×35	1	258	2	2-2.26×6.4/2-2.66×6.8	1～12	250	115	129	1～65	2	25×32

续表

序号	电磁负荷		效率(%)	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载(A/cm)	气隙磁密(T)			极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数		线规及牌号QZ(mm)		并励额定励磁电流(A)	极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数	线规及牌号TBR(mm)	电枢(kg)	并励(kg)
									串	并	串	并									
265	350	0.91	89.5	并	4	128	240	2.5	1.5	840	与换向极相同	1.25/1.36	4.19	4	45	205	5.0	8	2-3.8×19.5	29.25	30.8
266	344	0.828	88.5	并	4	128	240	2.5	1.5	880		1.2/1.31	3.63	4	45	205	5.0	14	5.1×19.5	34.25	29.5
267	308.5	0.916	86.5	并	4	128	240	2.5	2.5	880		1.3/1.41	4.11	4	45	205	5.0	16	4.1×19.5	28.5	34.9
268	279.5	0.921	84.5	并	4	128	240	2.5	1.5	460		2-1.35/2-1.46	8.27	4	45	205	5.0	10	2-3.53×19.5	30.1	40.5
269	276.5	0.9395	85	并	4	128	240	2.5	2.5	900		1.4/1.51	4.53	4	45	205	5.0	20	3.53×19.5	29.9	42.1
270	334	0.9	89	复	4	128	240	2.5	2	680		1.35/1.46	4.87	4	45	205	5.0	10	2-3.38×19.5	30.1	28.7
271	292	0.9255	87	复	4	128	240	2.5	1.5	400		2-1.3/2-1.41	8.21	4	45	205	5.0	8	2-4.1×19.5	26.25	31.8
272	290	0.9255	88	复	4	128	240	2.5	2.5	800		1.35/1.46	4.24	4	45	205	5.0	15	4.1×19.5	26.25	40.9
273	340/286.5	0.77/0.903	88.5	并	4	128	240	2.5		980		1.3/1.41	3.245/4.6	4	45	205	5.0	14	4.7×19.5	34.25	38.9
274	330	0.896	89	他	4	128	240	2.5		660		1.56/1.67	6.55	4	45	205	5.0	10	2-3.28×19.5	30.1	37.3
275	288.5	0.923	87	他	4	128	240	2.5		400		2-1.5/2-1.61	10.25	4	45	205	5.0	8	2-4.1×19.5	26.25	42.4
276	285.8	0.923	88	他	4	128	240	2.5		800		1.5/1.61	5.12	4	45	205	5.0	15	4.1×19.5	26.25	42.4
277	347	0.9375	90	并	4	145	230	3.0	1.5	780		1.45/1.56	5.68	4	55	195	6.0	7	2-5.1×19.5	36	39.8
278	328	0.925	89	并	4	145	230	3.0	2	840		1.4/1.51	5.08	4	55	195	6.0	11	2-3.23×19.5	35.1	30.7
279	346	0.875	88	并	4	145	230	3.0	2	960		1.4/1.51	4.36	4	55	195	6.0	16	5.5×19.5	44	45.8
280	317	0.881	86.5	并	4	145	230	3.0	3	960		1.4/1.51	4.345	4	55	195	6.0	18	4.7×19.5	39.86	46
281	348	0.87	89	复	4	145	230	3.0	1.5	700		1.45/1.56	5.55	4	55	195	6.0	9	2-4.1×19.5	38.9	35.3
282	360	0.8	88.5	复	4	145	230	3.0	2.5	740		1.3/1.41	4.2	4	55	195	6.0	16	5.5×19.5	44	29.6
283	340/288	0.764/0.897	89	并	4	145	230	3.0		960		1.4/1.51	3.48/5.26	4	55	195	6.0	12	6×19.5	39.3	44.2
284	336.2	0.943	90	并	4	145	230	3.0	3.5	1440		1.04/1.15	3.04	4	55	195	6.0	14	5.1×19.5	34.4	38.2
285	320	0.95	89	并	4	145	230	3.0	3.5	1580		1.08/1.19	2.99	4	55	195	6.0	21	3.53×19.5	34.45	44.8
286	355	0.846	89	并	4	145	230	3.0	3.5	1360		1.0/1.11	2.63	4	55	195	6.0	18	4.1×19.5	39.9	32.6

续表

序号	机座号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	电枢 外径(mm)	电枢 内径(mm)	电枢 长度(mm)	槽数	槽形($b_n \times h_n$)	每元件匝数	总导体数	支路数	线规及牌号 SBECB(mm)	槽节距	换向器 外径(mm)	换向器 长度(mm)	换向片数	换向节距	每杆电刷数	电刷规格 型号 D172 尺寸($b_b \times L_b$)
287	Z2-111	145	230	631	1450	368	110	230	42	10.5×35	1	252	4	2-2.26×6.4/2-2.66×6.8	1～11	250	190	126	1～2	4	25×32
288	Z2-111	90	230	391	960	368	110	230	35	12.7×35	1	210	2	2-3.05×6.4/2-3.43×6.8	1～10	250	150	105	1～53	3	25×32
289	Z2-111	145	460	315.5	1450	368	110	230	43	10.5×35	1	258	2	2-2.26×6.4/2-2.66×6.8	1～12	250	115	129	1～65	2	25×32
290	Z2-112	200	220	1010	1500	368	110	280	42	10.5×35	1	168	4	2-3.53×6.4/2-3.93×6.8	1～11	250	225	84	1～2	5	25×32
291	Z2-112	125	220	635	1000	368	110	280	42	10.5×35	1	252	4	2-2.26×6.4/2-2.66×6.8	1～11	250	190	126	1～2	4	25×32
292	Z2-112	180	230	783	1450	368	110	280	50	8.5×35	1	200	4	2-2.63×6.4/2-3.03×6.8	1～13	250	225	100	1～2	5	25×32
293	Z2-112	115	230	500	960	368	110	280	50	8.5×35	1	300	4	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～13	250	150	150	1～2	3	25×32
294	Z2-112	160	220/320	593/500	1450	368	110	280	42	9.3×35	1	262	4	2-1.95×6.4/2-2.29×6.74	1～11	250	190	126	1～2	4	25×32
295	Z2-112	200	440	503	1500	368	110	280	42	10.5×35	1	336	4	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～11	250	150	168	1～2	3	25×32
296	Z2-112	125	440	316	1000	368	110	280	43	10.5×35	1	258	2	2-2.26×6.4/2-2.66×6.74	1～12	250	115	129	1～65	2	25×32
297	Z2-112	175	460	380.5	1450	368	110	280	50	8.5×35	1	400	4	2-1.25×6.4/2-1.59×6.74	1～13	250	150	200	1～2	3	25×32
298	Z2-112	115	460	250	960	368	110	280	49	8.5×35	1	294	2	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～13	250	115	147	1～74	2	25×32
299	Z2-112	180	230	783	1450	368	110	280	50	8.5×35	1	2090	4	2-2.63×6.4/2-3.03×6.8	1～11	250	225	100	1～2	5	25×32
300	Z2-112	115	230	500	960	368	110	280	50	8.5×35	1	300	4	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～13	250	150	150	1～2	3	25×32
301	Z2-112	175	460	380.5	1450	368	110	280	50	8.5×35	1	400	4	2-1.25×6.4/2-1.59×6.74	1～13	250	150	200	1～2	3	25×32
302	Z2-112	115	460	250	960	368	110	280	49	8.5×35	1	294	2	2-1.68×6.4/2-2.02×6.74	1～13	250	115	147	1～74	2	25×32

续表

序号	电磁负荷		效率(%)	励磁方式	主极									换向极						绕组铜重	
	线负载(A/cm)	气隙磁密(T)			极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数		线规及牌号 QZ(mm)		并励额定励磁电流(A)	极数	极身宽(mm)	极身长(mm)	气隙(mm)	每极匝数	线规及牌号 TBR(mm)	电枢(kg)	并励(kg)
									串	并	串	并									
287	344	0.867	89	他	4	145	230	3.0		680	与换向极相同	1.62/1.73	7.1	4	55	195	6.0	9	2-4.1×19.5	38.9	42.4
288	355	0.798	88.5	他	4	145	230	3.0		720		1.5/1.61	5.6	4	55	195	6.0	16	5.5×19.5	44	38.2
289	352	0.845	89	他	4	145	230	3.0		680		1.62/1.73	6.91	4	55	195	6.0	18	4.1×19.5	39.9	42.5
290	375.8	0.92	90	并	4	145	280	3.0	1	680		1.62/1.73	7.23	4	55	245	6.0	6	2-4.5×19.5	44.2	48.1
291	342	0.91	89.5	并	4	145	280	3.0	1.5	760		1.56/1.67	6.08	4	55	245	6.0	9	2-4.4×19.5	42	50.6
292	342	0.897	89.5	复	4	145	280	3.0	1.5	600		1.56/1.67	6.53	4	55	245	6.0	7	2-5.1×19.5	38.85	39.3
293	328	0.915	89	复	4	145	280	3.0	2.5	640		1.62/1.74	6.38	4	55	245	6.0	11	2-3.53×19.5	38	46
294	326/215	0.835/0.982	89.5	并	4	145	280	3.0		900		1.56/1.67	4.5/6.5	4	55	245	6.0	9	2-3.8×19.5	37	59.2
295	364	0.924	90.5	并	4	145	280	3.0	2.5	1360		1.12/1.73	3.38	4	55	245	6.0	12	6.0×19.5	42.5	46.5
296	348	0.893	90	并	4	145	280	3.0	3	1560		1.08/1.19	2.9	4	55	245	6.0	19	4.4×19.5	43	49.5
297	331.5	0.895	89.5	复	4	145	280	3.0	2.5	1200		1.12/1.23	3.39	4	55	245	6.0	14	5.1×19.5	37.1	40.3
298	323	0.93	89	复	4	145	280	3.0	4.5	1300		1.16/1.27	3.3	4	55	245	6.0	21	3.53×19.5	37.15	47.8
299	339	0.896	89.5	他	4	145	280	3.0		600		2-1.25/2-1.36	8.49	4	55	245	6.0	7	2-5.1×19.5	38.85	50
300	324	0.913	89	他	4	145	280	3.0		640		2-1.3/2-1.41	8.25	4	55	245	6.0	11	2-3.53×19.5	38	58.6
301	329	0.89	89.5	他	4	145	280	3.0		600		2-1.25/2-1.36	8.2	4	55	245	6.0	14	5.1×19.5	37.1	50
302	318	0.926	89	他	4	145	280	3.0		640		2-1.3/2-1.41	8.43	4	55	245	6.0	21	3.53×19.5	37.15	58.6

二、Z3 系列直流电机铁心、绕组技术数据

Z3 系列直流电动与 Z2 系列电机相比，有着传动惯量小、调速范围广、体积小、重量轻等优点，可以在晶闸管整流电源供电情况下工作。Z3 系列直流电机铁心、绕组技术数据见表 5-5。

表 5-5　Z3 系列直流电机铁心、绕组技术数据

型号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	励磁方式	电枢							换向片数	每杆刷数	电刷尺寸 (mm)
						铁心外径 (mm)	铁心长度 (mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规 QZ (mm)			
Z3-11	0.55	110	7.14	3000	并	70	55	14	30/4	840	2	0.80	56	1	8×16
	0.55	160	4.5	3000	他				11	1232		0.64			
	0.55	220	3.52	3000	并				15	1680		0.55			
	0.25	110	3.63	1500	并				14	1568		0.57			
	0.25	160	2.2	1500	他				21	2352		0.47			
	0.25	220	1.85	1500	并				28	3136		0.41			
Z3-12	0.75	110	9.2	3000	并	70	75	14	23/4	644	2	0.90	56	1	8×16
	0.75	160	5.9	3000	他				33/4	924		0.72			
	0.75	220	4.55	3000	并				46/4	1288		0.64			
	0.37	110	5.17	1500	并				42/4	1176		0.67			
	0.37	160	3.08	1500	他				16	1792		0.53			
	0.37	220	2.57	1500	并				21	2352		0.47			

型号	主极							换向极				电枢回路电感 (μH)	外接电感 (μH)	转动惯量 (kg·m²)
	极数	气隙 (mm)	每极匝数		线规 QZ (mm)		并励电流 (A)	极数	气隙 (mm)	每极匝数	线规 QZ (mm)			
			串	并	串	并								
Z3-11	2	0.6/1.8		2000		0.35	0.503	1	1.2	152	1.30	13.93		0.002
				3432		0.27	0.289			220	1.08	30.1	125.9	
				3800		0.25	0.279			294	0.93	55.91		
				2200		0.33	0.418			292	0.90	48.7		
				3160		0.25	0.272			420	0.80	101.9	218.1	
				3800		0.25	0.256			554	0.64	194.9		
Z3-12	2	0.6/1.8		1800		0.38	0.535	1	1.2	116	1.5	11.2		0.002 5
				3140		0.29	0.306			164	1.25	23.6	95.4	
				3600		0.27	0.273			222	1.04	44.81		
				1800		0.38	0.537			212	1.08	37.36		
				3120		0.27	0.272			315	9.90	86.74	141.3	
				3600		0.27	0.269			410	0.77	149.4		

续表

型号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	励磁方式	电枢							换向片数	每杆刷数	电刷尺寸 (mm)
						铁心外径 (mm)	铁心长度 (mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规 QZ (mm)			
Z3-21	1.1	110	13.2	3000	并	83	70	18	4	576	2	1.12	72	1	8×16
	1.1	160	8.65	3000	他				23/4	828		0.96			
	1.1	220	6.5	3000	并				8	1152		0.80			
	0.55	110	7.1	1500	并				29,4	1044		0.83			
	0.55	160	4.44	1500	他				11	1584		0.69			
	0.55	220	3.52	1500	并				29/2	2088		0.59			
Z3-22	1.5	110	17.7	3000	并	83	95	18	3	432	2	1.3	72	1	8×16
	1.5	160	11.6	3000	他				18/4	648		1.08			
	1.5	220	8.74	3000	并				6	864		0.93			
	0.75	110	9.34	1500	并				22/4	792		0.96			
	0.75	160	5.85	1500	他				8	1152		0.80			
	0.75	220	4.64	1500	并				11	1584		0.67			

型号	主极							换向极				电枢回路电感 (μH)	外接电感 (μH)	转动惯量 (kg·m²)
	极数	气隙 (mm)	每极匝数		线规 QZ (mm)		并励电流 (A)	极数	气隙 (mm)	每极匝数	线规 QZ 或 QZB (mm)			
			串	并	串	并								
Z3-21	2	0.6/2.4		2000		0.38	0.516	1	1.2	100	1.81	8.5		0.005 5
				3300		0.31	0.34			141	1.5	17.57	63.63	
				4000		0.27	0.265			194	1.25	34		
				2200		0.41	0.5			183	1.30	27.93		
				3500		0.29	0.29			268	1.12	61.4	96.6	
				4000		0.29	0.285			352	0.93	111.71		
Z3-22	2	0.6/2.4		1600		0.41	0.65	1	1.2	74	2.1	6.49		0.006 5
				2600		0.31	0.385			109	1.74	14.6	45.9	
				3000		0.31	0.365			144	1.45	25.96		
				1600		0.44	0.705			137	1.5	21.81		
				2700		0.33	0.419			195	1.20	46.15	73.85	
				3000		0.31	0.38			264	1.04	83.33		

续表

型号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	励磁方式	电枢 铁心外径 (mm)	铁心长度 (mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规 QZ (mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸 (mm)
Z3 22	0.37	110	5.17	1000	并	83	95	18	8	1152	2	0.77	72	1	8×16
	0.37	160	3	1000	他				46/4	1656		0.62			
	0.37	220	2.54	1000	并				16	2304		0.53			
Z3-31	*2.2	110	25.3	3000	并	106	65	18	3	450	2	1.5	75	1	10×12.5
	*2.2	160	16.8	3000	他			25	13/3	650		1.25			
	*2.2	220	12.5	3000	并				19/3	950		1.08			
	*1.1	110	13.15	1500	并				17/3	850		1.08			
	*1.1	160	8.6	1500	他				8	1200		0.93			
	1.1	220	6.54	1500	并			18	11	1584		0.80	72	2	
	*0.55	110	7.04	1000	并			25	25/3	1250		0.90	75		
	*0.55	160	4.5	1000	他				35/3	1750		0.77			
	*0.55	220	3.5	1000	并				17	2550		0.64			

型号	主极 极数	气隙 (mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规 QZ (mm) 串	线规 QZ (mm) 并	并励电流 (A)	换向极 极数	气隙 (mm)	每极匝数	线规 QZ 或 QZB (mm)	电枢回路电感 (μH)	外接电感 (μH)	转动惯量 (kg·m²)
Z3-22	2	0.6/2.4		1700		0.41	0.624	1	1.2	204	1.08	46.15		0.006 5
				2700		0.33	0.406			286	0.86	95.36	138.64	
				3200		0.31	0.338			389	0.77	184.6		
Z3 31	4	0.6/2.4		1000		0.51	1.03	4	1.5	33	1.56×3.28	6.51		0.012 3
				1800		0.41	0.601			47	1.25×3.28	14.65	27.15	
				2000		0.33	0.455			68	1.74	26.04		
				1140		0.51	0.872			63	1.81	21.88		
				1900		0.41	0.593			86	1.56	46.3	34.2	
	2			3650		0.44	0.365	1		263	1.74	95.67		
	4			1300		0.49	0.707	4		96	1.35	49.24		
				2200		0.41	0.462			127	1.2	108.56	46.44	
				2700		0.33	0.326			185	0.96	197		

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	励磁方式	电枢 铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规QZ(mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
Z3-32	*3	110	34.7	3000	并	106	90	25	7/3	350	2	2-1.25	75	1	10×12.5
	*3	160	23	3000	他				10/3	500		1.45			
	*3	220	17.1	3000	并				14/3	700		1.25			
	*1.5	110	17.6	1500	并				13/3	650		1.30			
	*1.5	160	11.6	1500	他			18	6	900		1.08			
	*1.5	220	8.68	1500	并				9	1296		0.90	72		
	*0.75	110	9.4	1000	并	106	90	25	19/3	950	2	1.04	75	1	10×1.25
	*0.75	160	6	1000	他				9	1350		0.86			
	*0.75	220	4.64	1000	并				38/3	1900		0.74			
	*0.55	110	7.25	750	并				8	1200		0.96			
	*0.55	160	4.55	750	他				34/3	1700		0.77			
	*0.55	220	3.57	750	并				49/3	2450		0.67			

型号	主极 极数	气隙(mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规QZ(mm) 串	线规QZ(mm) 并	并励电流(A)	换向极 极数	气隙(mm)	每极匝数	线规QZ或QZB(mm)	电枢回路电感(μH)	外接电感(μH)	转动惯量(kg·m²)
Z3-32	4	0.6/2.4		880		0.53	1.03	4	1.5	26	1.08×6.4	4.97		0.014 3
				1650		0.41	0.578			36	2.44	10.37	21.03	
				1800		0.38	0.508			50	2.02	19.88		
				950		0.53	0.953			48	2.26	17.73		
				1650		0.44	0.693	2		65	1.95	38.35	22.65	
	2			3500		0.41	0.297	1		215	1.88	75.17		
	4	0.6/2.4		1100		0.53	0.8	4	1.5	72	1.56	41.48		0.014 3
				1950		0.41	0.487			98	1.35	84	35	
				2200		0.38	0.407			136	1.08	153.4		
				1100		0.53	0.818			92	1.40	62.83		
				2000		0.41	0.458			127	1.16	135.6	21.45	
				2200		0.39	0.407			177	0.96	259.3		

续表

型号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	励磁方式	电枢 铁心外径 (mm)	铁心长度 (mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规 QZ (mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸 (mm)
Z3-33	*4	110	45.4	3000	并	106	130	25	5/3	250	2	2-1.45	75	2	10×12.5
	*4	169	30.3	3000	他				7/3	350		2-1.20		1	
	*4	220	22.4	3000	并				10/3	500		1.45			
	*2.2	110	25	1500	并				3	450		1.56			
	*2.2	160	16.5	1500	他				13/3	650		1.30			
	2.2	220	12.3	1000	并			18	25/4	900		1.08	72	2	
	*1.1	110	13.3	1000	并			25	13/3	650		1.25	75	1	
	*1.1	160	8.46	1000	他				19/3	950		1.04			
	*1.1	220	6.6	1000	并				9	1350		0.86			
	*0.75	110	9.4	750	并				17/3	850		1.08			
	*0.75	160	5.84	750	他				25/3	1250		0.90			
	*0.75	220	4.64	750	并				35/3	1750		0.77			

型号	主极 极数	气隙 (mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规 QZ (mm) 串	线规 QZ (mm) 并	并励电流 (A)	换向极 极数	气隙 (mm)	每极匝数	线规 QZ 或 QZB (mm)	电枢回路电感 (μH)	外接电感 (μH)	转动惯量 (kg·m²)
Z3-33	4	0.6/2.4		720		0.57	1.188	4	1.5	18	1.35×6.4	3.02		0.018 3
				1550		0.49	0.637			24	1.08×6.4	6.8	16.1	
				1400		0.41	0.625			35	1.35×3.28	14.19		
				700		0.62	1.4			33	1.56×3.28	12.09		
				1300		0.49	0.799			46	1.25×3.28	27.21	15.39	
	2			2600		0.53	0.512	1		148	1.35×3.28	52.48		
	4			860		0.62	1.12	4		49	1.95	27.21		
				1400		0.49	0.715			67	1.62	56.76	24.74	
				1700		0.41	0.528			95	1.40	115		
				850		0.59	1.092			65	1.62	48.37		
				1400		0.47	0.677			89	1.40	97.07	22.93	
				1650		0.41	0.545			125	1.16	19.35		

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	励磁方式	电枢 铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规QZ(mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
Z3-41	5.5	110	61.3	3000	并	120	95	25	5/3	250	2	3-1.40	75	3	10×12.5
	5.5	220	30.5	3000	并				10/3	500		2-1.20		2	
	3	110	34.3	1500	并				3	450		2-1.25			
	3	160	22.1	1500	他				13/3	650		1.45		1	
	3	220	17	1500	并				19/3	950		1.25			
	1.5	110	18	1000	并				14/3	700		1.4			
	1.5	160	11.5	1000	他				7	1050		1.16			
	1.5	220	8.9	1000	并				28/3	1400		1.0			
	1.1	110	14.2	750	并				6	900		1.25			
	1.1	160	8.9	750	他				26/3	1300		1.0			
	1.1	220	7	750	并				12	1800		0.86			
	2.2	115	19.2	1450	复				13/3	650		1.45			

型号	主极 极数	气隙(mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规QZ(mm) 串	线规QZ(mm) 并	并励电流(A)	换向极 极数	气隙(mm)	每极匝数	线规QZ或QZB(mm)	电枢回路电感(μH)	外接电感(μH)	转动惯量(kg·m²)
Z3-41	4	0.7/3.5		660		0.67	2.04	4	2	19	1.68×6.4	0.66		0.025
				1400		0.47	0.915			37	1.35×4.1	2.62		
				780		0.72	1.97			34	1.56×4.1	2.13		
				1200		0.55	1.33			49	1.08×4.1	4.44	27.36	
				1400		0.47	0.967			70	2.02	9.48		
				940		0.64	1.32			54	1.0×4.1	5.14		
				1500		0.47	0.785			79	1.81	11.57	49.43	
				1900		0.47	0.684			104	1.62	20.58		
				900		0.64	1.145			69	2.1	8.5		
				1500		0.49	0.865			98	1.68	17.74	61.26	
				1840		0.47	0.706			134	1.45	34.02		
			18	720	1.08×4.1	0.67	1.43			49	1.08×4.1			

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	励磁方式	电枢 铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规QZ(mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
Z3-41	2.2	230	9.6	1450	复	120	95	25	26/3	1300	2	1.0	75	1	
Z3-42	7.5	110	83	3000	并	120	125	25	4/3	200	2	3-1.58	75	8	10×12.5
	7.5	220	41.3	3000	并				8/3	400		2-1.35		2	
	4	110	44.8	1500	并				7/3	350		2-1.45			
	4	160	29	1500	他				10/3	500		2-1.16		1	
	4	220	22.3	1500	并				14/3	700		1.45			
	2.2	110	25.8	1000	并				11/3	550		1.62			
	2.2	160	16.7	1000	他				16/3	800		1.35			
	2.2	220	12.8	1000	并				22/3	1100		1.16			
	1.5	110	18.8	750	并				14/3	700		1.45			
	1.5	160	11.8	750	他				20/3	1000		1.16			
	1.5	220	9.25	750	并				28/3	1400		1.0			

型号	主极 极数	气隙(mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规QZ或QZB(mm) 串	线规QZ或QZB(mm) 并	并励电流(A)	换向极 极数	气隙(mm)	每极匝数	线规QZ或QZB(mm)	电枢回路电感(μH)	外接电感(μH)	转动惯量(kg·m²)
Z3-41	4	0.7/3.5	35	1520	1.68	0.47	0.678	4	2	96	1.68			0.025
Z3-42	4	0.7/3.5		600		0.69	2	4	2	15	2.26×6.4	0.55		0.033
				1160		0.49	1.06			29	1.16×6.4	2.21		
				620		0.77	2.46			26	1.25×6.4	1.69		
				1120		0.62	1.43			37	1.45×4.1	3.45	20.75	
				1300		0.57	1.205			52	1.08×4.1	6.77		
				770		0.69	1.57			41	1.45×4.1	4.18		
				1380		0.53	0.887			60	1.0×4.1	8.84	33.16	
				1620		0.51	0.778			81	1.95	16.72		
				720		0.72	1.79			53	1.16×4.1	6.78		
				1200		0.55	1.11			75	1.95	13.81	45.69	
				1400		0.51	0.932			103	1.68	27.08		

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	励磁方式	电枢 铁心外径(mm)	电枢 铁心长度(mm)	电枢 槽数	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 线规QZ(mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
Z3-42	3	115	26.2	1450	复	120	125	25	10/3	500	2	2-1.16	75	1	10×12.5
	3	230	13.1	1450	复				20/3	1000		1.16			
Z3-51	10	220	54.8	3000	并	138	100	27	7/3	378	2	2-1.50	81	2	
	5.5	110	61	1500	并				7/3	378		2-1.56		3	
	5.5	220	30.3	1500	并				13/3	702		1.56		1	
	5.5	440	14.4	1500	他				26/5	1404		1.12	135	1	
	3	110	34.5	1000	并				10/3	540		2-1.25	81	2	
	3	160	22.4	1000	他				5	810		1.50		1	
	3	220	17.2	1000	并				20/3	1080		1.25			
	2.2	110	26.5	750	并				13/3	702		1.56			
	2.2	160	17.2	750	他				19/3	1026		1.30			
	2.2	220	13	750	并				26/3	1404		1.12			

型号	主极 极数	主极 气隙(mm)	主极 每极匝数 串	主极 每极匝数 并	主极 线规QZ或QZB(mm) 串	主极 线规QZ或QZB(mm) 并	主极 并励电流(A)	换向极 极数	换向极 气隙(mm)	换向极 每极匝数	换向极 线规QZ或QZB(mm)	电枢回路电感(μH)	外接电感(μH)	转动惯量(kg·m²)
Z3-42	4	0.7/3.5	14	640	1.45×4.1	0.69	1.53	4	2	37	1.45×4.1			0.033
			30	1280	1.95	0.49	0.75			73	1.95			
Z3-51	4	0.8/4		1250		0.57	1.425	4	2	27	1.56×5.9	1.61		0.053
				670		0.74	2.3			28	2.1×5.9	1.61		
				1300		0.59	1.5			51	1.16×5.1	5.54		
				1150		0.64	1.695			100	1.88	22.15		
				980		0.77	1.608			40	1.35×5.9	3.28		
				1450		0.55	1.02			59	1.08×5.1	7.37	24.03	
				1450		0.55	0.887			78	2.1	13.11		
				910		0.64	1.67			52	1.08×5.9	5.54		
				1550		0.57	0.995			75	2.26	11.82	28.97	
				1800		0.55	0.887			102	2.02	22.15		

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	励磁方式	电枢 铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规QZ(mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
Z3-51	4.2	115	36.5	1450	复	138	100	27	3	486	2	2-1.30	81	2	10×12.5
	4.2	230	18.3	1450	复				6	972		1.30		1	
Z3-52	13	220	70.7	3000	并	138	135	27	2	324		3-1.40		3	
	7.5	110	82.1	1500	并				5/3	270		3-1.50	81	3	
	7.5	220	40.8	1500	并				10/3	540		2-1.30	81	2	
	7.5	440	19.5	1500	他				4	1080		2-0.90	135	1	
	4	110	45.2	1000	并				8/3	432		2-1.45	81	2	
	4	160	29.6	1000	他				4	648		1.68	81	1	
	4	220	22.3	1000	并				5	810		1.45		1	
	3	110	35.2	750	并				10/3	540		2-1.30		2	
	3	160	22.7	750	他				14/3	756		1.56		1	
	3	220	17.4	750	并				20/3	1080		1.30		1	

型号	主极 极数	气隙(mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规QZ或QZB(mm) 串	线规QZ或QZB(mm) 并	并励电流(A)	换向极 极数	气隙(mm)	每极匝数	线规QZ或QZB(mm)	电枢回路电感(μH)	外接电感(μH)	转动惯量(kg·m²)
Z3-51	4	0.8/4	14	710	1.35×5.9	0.77	1.84	4	2	36	1.35×5.9			0.053
			28	1380	1.0×4.1	0.55	0.918			70	1.0×4.1			
Z3-52	4	0.8/4		1000		0.53	1.3	4	2	23	2.1×5.9	1.59		0.065
				540		0.86	3.3			20	2.44×5.9	1.11		
				1100		0.74	1.67			39	1.56×5.1	4.42		
				960		0.67	1.94			77	2.26	17.69		
				720		0.77	1.93			32	1.95×5.1	2.83		
				1200		0.57	1.1			47	1.35×5.1	6.37	17.43	
				1480		0.62	1.12			58	2.44	11.32		
				750		0.80	2.01			40	1.35×5.9	4.42		
				1340		0.67	1.28			55	1.16×5.1	8.67	22.33	
				1560		0.59	1			78	2.26	17.69		

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	励磁方式	电枢 铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规QZ(mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
Z3 52	2.2	110	26.7	600	并	138	135	27	4	648	2	1.68	81	1	10×12.5
	2.2	160	16.8	600	他				17/3	918		1.40		1	
	2.2	220	13.3	600	并				8	1296		1.16		1	
	6	115	52.2	1450	复				7/3	378		2-1.56		2	
	6	230	26.1	1450	复				14/3	756		1.56		1	
Z3-61	17	220	92	3000	并	162	120	31	4/3	248		3-1.62	93	3	12.5×16
	10	110	108.2	1500	并				4/3	248		4-1.50	93	2	
	10	220	53.8	1500	并				8/3	496		2-1.50	93	1	
	10	440	25.7	1500	他				16/3	992		2-1.12	93	2	
	5.5	110	61.4	1000	并				2	372		2-1.74	93	1	
	5.5	220	30.3	1000	并				4	744		1.74	93		
	5.5	440	14.5	1000	他				24/5	1488		1.20	135		

型号	主极 极数	气隙(mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规QZ或QZB(mm) 串	线规QZ或QZB(mm) 并	并励电流(A)	换向极 极数	气隙(mm)	每极匝数	线规QZ或QZB(mm)	电枢回路电感(μH)	外接电感(μH)	转动惯量(kg·m²)
Z3-52	4	0.8/4		750		0.83	2.11	4	2	48	1.35×5.1	6.37		0.065
				1240		0.67	1.42			67	2.44	12.78	29.12	
				1470		0.59	1.08			94	2.02	25.48		
			8	600	1.81×5.9	0.80	1.97			27	1.81×5.9			
			16	1350	1.08×5.1	0.57	0.853			54	1.08×5.1			
Z3-61		0.9/3.6		990		0.67	2.22		2.5	19	1.35×12.5	1.02		0.103
				720		0.93	2.78			19	1.56×12.5	1.02		
				1040		0.67	1.98			37	1.68×6.4	4.08		
				1100		0.77	1.935			68	1.0×5.9	16.32		
				720		0.90	2.56			28	2.26×6.4	2.29		
				1360		0.64	1.4			56	1.25×5.9	9.18		
				1100		0.77	1.875			101	2.26	36.72		

续表

型号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	励磁方式	电枢 铁心外径 (mm)	电枢 铁心长度 (mm)	电枢 槽数	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 线规 QZ (mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸 (mm)
Z3-61	4	110	46.6	750	并	162	120	31	8/3	496	2	2-1.50	3	1	12.5×16
	4	160	30.2	750	他				11/3	682		2-1.25			
	4	220	23	750	并				5	930		1.50			
	3	110	35.9	600	并				3	558		2-1.35			
	3	160	23.3	600	他				14/3	868		2-1.12			
	3	220	17.8	600	并				19/3	1178		1.35			
	8.5	115	74	1450	复				5/3	310		4-1.30		2	
	8.5	230	37	1450	复				10/3	620		2 1.30		1	
Z3-62	22	220	117.6	3000	并		165		1	186		4-1.62		3	
	13	110	140	1500	并				1	186		4-1.62		3	
	13	220	69.5	1500	并				2	372		2-1.68		2	
	13	440	33.3	1500	他				12/5	744		2-1.20	155	1	

型号	主极 极数	主极 气隙 (mm)	主极 每极匝数 串	主极 每极匝数 并	主极 线规 QZ (mm) 串	主极 线规 QZ (mm) 并	主极 并励电流 (A)	换向极 极数	换向极 气隙 (mm)	换向极 每极匝数	换向极 线规QZ或 TBR、QZB (mm)	电枢回路电感 (μH)	外接电感 (μH)	转动惯量 (kg·m²)
Z3 61	4	0.9/3.6		635		0.86	2.62	4	2.5	37	1.68×6.4	4.08		0.103
				1300		0.69	1.42			50	1.16×5.9	7.71	15.3	
				1230		0.69	1.7			69	1.0×5.9	14.34		
				790		1.0	2.71			42	1.35×6.4	5.16		
				1550		0.69	1.905			62	1.08×5.9	10.77	19.73	
				1385		0.64	1.358			88	1.0×4.4	23		
			10	650	1.25×12.5	0.96	2.39			23	1.25×12.5			
			18	1100	1.35×6.4	0.64	1.43			46	1.35×6.4			
Z3-62				810		0.74	2.5			14	1.45×12.5	0.79		0.125
				500		1.04	3.83			14	1.95×12.5	0.79		
				1000		0.72	1.96			27	1.81×6.4	3.16		
				780		0.77	2.55			56	1.25×5.5	12.62		

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	励磁方式	电枢 铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规QZ(mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
	7.6	110	83.2	1000	并				4/3	248		4-1.45	93	2	
	7.5	220	41.4	1000	并				3	558		2-1.40		1	
	7.5	440	20.7	1000	他				18/5	1116		2-1.08	155	1	
	5.5	110	62.8	750	并				2	372		2-1.74	93	2	
	5.5	220	31.25	750	并				11/3	682		1.81			
Z3-62	5.5	440	14.8	750	他	162	165	31	23/5	1426		1.25	155		
	4	110	47.6	600	并				7/3	434	2	2-1.56		1	12.5×16
	4	160	30.8	600	他				10/3	620		2-1.35			
	4	220	23.6	600	并				14/3	868		1.56	93	1	
	11	115	95.6	1450	复				4/3	248		4-1.50		3	
	11	230	47.8	1450	复				8/3	496		2-1.50		1	
Z3-71	17	220	89.8	1500	并	195	125	31	2	372		1.45×4.4		2	

型号	主极 极数	气隙(mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规QZ或TBR、QZB(mm) 串	线规 并	并励电流(A)	换向极 极数	气隙(mm)	每极匝数	线规QZ或TBR、QZB(mm)	电枢回路电感(μH)	外接电感(μH)	转动惯量(kg·m²)
				600		1.20	4.05			19	2.44×6.4	1.4		
				1.060		0.69	1.685			41	1.56×5.5	7.1		
				90		0.83	2.32			80	1.0×5.9	28.4		
				710		0.93	2.63			28	1.0×12.5	3.16		
				1050		0.80	2			51	1.08×5.5	10.6		
Z3-62	4	0.9/3.6		920		0.83	2.23	4	2.5	103	2.02	42.42		0.125
				650		1.04	2.82			33	1.81×6.4			
				1000		0.86	2.267			44	1.45×5.5	8.76	14	
				1240		0.74	1.55			64	1.08×4.4	17.18		
			5	620	1.68×12.5	0.93	2.065			17	1.68×12.5			
			10	850	1.68×6.4	0.64	1.465			34	1.81×6.4			
Z3-71		1.0/4.0		115		0.80	2.218		3	29	2.44×6.4	2.63		0.233

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	励磁方式	电枢 铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规QZ或QZB(mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
Z3-71	17	440	44.8	1500	他	195	125	31	12/5	744	2	2-1.45	155	1	12.5×16
	10	110	110.3	1000	并			29	1	290		2-1.0×4.4	145	3	
	10	220	54.75	1000	并				2	580		1.0×4.4	145	2	
	10	440	26.3	1000	他			31	19/5	1178		1.56	155	1	
	7.5	110	85.3	750	并				2	372		1.68×4.4	93	2	
	7.5	220	42.1	750	并				4	744		2-1.40	93	1	
	7.5	440	21.1	750	他				24/5	1488		1.35	155	1	
	5.5	110	64.5	600	并				8/3	496		3-1.4	93	2	
	5.5	220	31.9	600	并				5	930		2-1.30	93	1	
	14	115	124.7	1450	复			27	1	270		2-1.16×4.4	135	3	
	14	230	60.8	1450	复			31	8/3	496		4-1.25	93	2	
Z3-72	22	220	115.7	1500	并		165	29	1	290		2-1.0×4.4	145	3	

型号	主极 极数	气隙(mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规QZ或QZB(mm) 串	线规QZ或QZB(mm) 并	并励电流(A)	换向极 极数	气隙(mm)	每极匝数	线规QZ或TBR(mm)	电枢回路电感(μH)	外接电感(μH)	转动惯量(kg·m²)
Z3-71	4	1.0/4.0		980		0.86	2.74	4	3	53	1.16×6.4	11.51		0.233
				600		1.04	3.35			23	1.45×12.5	1.57		
				1000		0.72	2.04			45	1.68×6.4	7		
				1100		0.80	1.935			83	1.0×5.9	25.9		
				750		1.08	3.01			29	2.26×6.4	2.54		
				1000		0.74	2.27			52	1.25×6.4	11.51		
				800		0.83	2.99			104	1.0×4.4	42.29		
				550		0.96	3.18			33	1.95×6.4	5.12		
				1100		0.74	1.89			69	1.08×6.4	15.67		
			4	495	1.68×12.5	0.90	2.93			20	1.68×12.5			
			12	825	1.81×6.4	0.64	1.865			36	1.81×6.4			
Z3-72				1020		0.86	2.46			22	1.56×12.5	2.07		0.275

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	励磁方式	电枢							换向片数	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
						铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规QZ或QZB(mm)			
Z3-72	22	440	57.9	1500	他	195	165	29	2	80	2	1.0×4.4	145	2	12.5×16
	13	110	142.5	1000	并			35	1	210		2-1.35×4.4	105	3	
	13	220	70.8	1000	并				2	420		1.35×4.4	105	2	
	13	440	35.4	1000	他			31	14/5	868		2-1.35	155	1	
	10	110	112.2	750	并			29	1	290		2-1.16×4.4	145	3	
	10	220	55.8	750	并				2	580		1.16×4.4	145	2	
	10	440	27.9	750	他			31	18/3	1116		2-1.20	155	1	
	7.5	110	86.9	600	并			29	2	348		1.95×4.4	87	2	
	7.5	220	42.9	600	并			31	11/3	682		3-1.20	93	1	
	19	115	165.2	1450	复				1	186		2-1.45×4.4	93	4	
	19	230	82.7	1450	复				2	372		1.45×4.4	93	2	
Z3-73	30	220	156.6	1500	并		235	35	1	210		2-1.45×4.4	105	4	
	30	440	76	1500	他			31	7/5	434		3-1.56	155	2	

型号	主极							换向极				电枢回路电感(μH)	外接电感(μH)	转动惯量(kg·m²)
	极数	气隙(mm)	每极匝数		线规QZ或QZB(mm)		并励电流(A)	极数	气隙(mm)	每极匝数	线规TBR或QZB(mm)			
			串	并	串	并								
Z3-72	4	1.0/4.0		850		0.93	3.01	4	3	42	1.68×6.4	8.26		0.275
				815		1.25	3.23			16	2.1×12.5	1.08		
				1300		0.90	2.1			32	2.26×6.4	4.33		
				1170		0.93	2.12			62	1.25×5.9	20.68		
				742		1.16	3.1			22	1.56×12.5	2.01		
				1200		0.10	1.95			43	1.45×6.4	8.04		
				1000		0.93	2.59			80	1.08×4.7	34.19		
				700		1.16	3.36			27	2-1.45×5.9	2.89		
				1400		0.86	1.775			50	1.25×6.4	12.77		
			4	450	2.44×12.5	1.08	3.69			14	2.44×12.5			
			8	890	2.26×6.4	0.77	1.8			28	2.83×6.4			
Z3-73				840		1.0	3			16	2.1×12.5	1.54		0.35
				870		1.0	2.66			32	1.35×11.6	7.36		

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	励磁方式	电枢							换向片数	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
						铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规QZ或QZB(mm)			
Z3-73	17	220	92	1000	并	195	235	27	2	324	2	1.68×4.4	81	2	12.5×16
	17	440	46	1000	他			31	2	620		2-1.56	155	2	
	13	110	145	750	并			35	1	210		2-1.45×4.4	105	3	
	13	220	72.2	750	并				2	420		1.45×4.4	105	2	
	13	440	36.1	750	他			31	13/5	806		2-1.40	155	1	
	10	110	114.3	600	并				4/3	248		4-1.74	93	3	
	10	220	56.8	600	并				8/3	496		4-1.25	93	2	
	26	230	113	1450	复			27	1	270		2-1.16×4.4	135	3	
Z3-81	40	220	208	1500	并	245	125	29	1	290		2-1.45×5.5	145	2	16×25
	40	440	102.2	1500	他				2	580		1.45×5.5	145	2	
	22	220	118.5	1000	并			37	2	444		1.18×5.5	111	2	
	22	440	58.1	1000	他			29	10/3	928		1-1.2	145		

型号	主极							换向极				电枢回路电感(μH)	外接电感(μH)	转动惯量(kg·m²)
	极数	气隙(mm)	每极匝数		线规QZ或QZB(mm)		并励电流(A)	极数	气隙(mm)	每极匝数	线规TBR或QZB(mm)			
			串	并	串	并								
Z3-73	4	1.0/4.0		900		0.86	2.17	4	3	24	1.45×12.5	3.72		0.35
				820		1.04	3			46	1.56×6.4	15.03		
				530		1.30	4.07			16	2.83×12.5	1.54		
				1090		0.90	2.02			31	1.68×8.6	6.16		
				800		1.04	3.13			58	1.35×5.9	25.4		
				590		1.35	4			19	3.05×9.3	2.4		
				1220		0.96	2.08			36	2.26×6.4	0.62		
			4	830	1.56×12.5	0.86	2.02			20	1.56×12.5			
Z3-81	4	1.4/5.6	2	1000	2.63×14.5	1.04	3.48	4	4	22	2.53×14.5	1.41		0.63
				960		1.62	4.4			43	1.45×12.5	5.63		
			2	1100	1.81×12.5	1.0	2.98			34	1.8×12.5	3.33		
				1190		1.08	2.76			66	2.1×6.4	14.44		

续表

型号	功率（kW）	电压（V）	电流（A）	转速（r/min）	励磁方式	电枢 铁心外径（mm）	电枢 铁心长度（mm）	电枢 槽数	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 线规QZ或QZB（mm）	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸（mm）
Z3-81	17	220	93.1	750	并	245	125	29	2	580	2	1.56×5.5	145	2	16×25
	17	230	44.5	750	他			29	4	1160		3-1.25	145	2	
	13	220	73.4	600	并			37	2	740		1.08×5.5	185	2	
	35	230	152.2	1450	复			33	2	396		2.1×5.5	99	2	
Z3-82	55	220	284	1500	并		175	35	1	210	2	2-1.95×5.5	105	4	
	30	220	158.5	1000	并			27	2	324		2.44×5.5	81	2	
	30	440	77.7	1000	他			31	2	620		1.25×5.5	155	2	
	22	220	119	750	并			35	2	420		1.81×5.5	105	2	
	22	440	58.2	750	他			29	3	870		4-1.20	145	2	
	17	220	95.4	600	并			43	2	516		1.56×5.5	129	2	
	48	230	208.2	1450	复				1	258		2-1.56×5.5	129	3	
Z3-83	75	220	386	1500	并	245	230	27	1	162	2	2-2.63×5.5	81	5	

型号	主极 极数	主极 气隙（mm）	主极 每极匝数 串	主极 每极匝数 并	主极 线规QZ或TBR（mm） 串	主极 线规QZ或TBR（mm） 并	主极 并励电流（A）	换向极 极数	换向极 气隙（mm）	换向极 每极匝数	换向极 线规TBR或QZB（mm）	电枢回路电感（μH）	外接电感（μH）	转动惯量（kg·m²）
Z3 81	4	1.4/5.6	3	1140	1.68×12.5	1.04	3.11	4	4	44	1.68×12.5	5.53		0.63
				1100		1.16	3.34			87	1.56×6.4	25.67		
				1320		0.96	2.32			54	2.44×6.4	9.24		
			6	750	2.44×12.5	0.86	3			29	2.44×12.5			
Z3-82			2	1000	2.83×18	1.16	3.5	4	4	16	2.83×18	1.06		0.78
			2	950	1.81×18	1.04	3.18			25	1.81×18	2.52		
				1000		1.30	3.95			47	1.16×12.5	9.42		
			3	1160	1.95×12.5	1.08	2.72			32	1.95×6.4			
				1080		1.04	2.39			66	1.95×12.5	18.26		
				1150		1.16	3.1			39	1.56×12.5	6.56		
			4	950	2.26×18	1.12	3.28			20	2.26×18			
Z3-83			2	940	4.1×18	1.3	4			12	4.1×18	0.85		0.95

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	励磁方式	电枢							换向片数	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
						铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规QZ或QZB(mm)			
Z3-83	75	440	190.7	1500	他	245	230	33	1	330	2	2-1.35×5.5	165	3	16×25
	40	220	210	1000	并			41	1	246		2 1.56×5.5	123	3	
	30	220	160.4	750	并			27	2	324		2.63×5.5	81	2	
	30	440	78.3	750	他			31	2	620	2	1.35×5.5	155	2	
	22	220	120	600	并			35	2	420	2	2.1×5.5	105	2	
	67	230	291	1450	复			33	1	198	2	2-2.1×5.5	99	4	
Z3-91	100	220	510	1500	并	294	190	38	1	304	4	2-1.56×5.9	152	4	20×32
	100	440	252	1500	他			31	1	310	2	2-1.45×5.9	155	2	
	55	220	286	1000	并			39	1	234	2	2-1.81×5.9	117	2	
	40	220	211	750	并			31	1	310	2	2-1.45×5.9	155	2	
	40	440	103	750	他				2	620	2	1.45×5.9	155	2	
	30	220	161	600	并			33	2	396	2	2.44×5.9	99	2	
	90	230	391	1450	复			31	1	186	2	2-2.44×5.9	93	3	

型号	主极							换向极				电枢回路电感(μH)	外接电感(μH)	转动惯量(kg·m²)
	极数	气隙(mm)	每极匝数		线规QZ或TBR(mm)		并励电流(A)	极数	气隙(mm)	每极匝数	线规TBR或QZB(mm)			
			串	并	串	并								
Z3-83	4	1.4/5.6		980		1.45	4.1	4	4	24	2.63×18	3.17		0.95
				960		1.25	3.75			19	2.1×18	1.89		
			2	980	1.68×18	1.16	3.26			24	1.68×18	2.85		
				1120		1.45	3.68			46	1.25×12.5	11.4		
			3	1050	1.81×12.5	1.16	2.95			31	1.81×12.5	4.71		
			4	700	2.63×18	1.16	4			15	2.63×18			
Z3-91		1.8/7.2	1	1150	5.5×18	1.40	4.07	4	6	11.5 2a=2	5.1×18	0.57		1.83
			3	1000	2.83×18	1.40	4.14			23	2.63×16.8	2.35		
			2	1220	3.53×18	1.25	3.13			18	3.53×16.8	1.36		
			3	1250	3.05×18	1.20	2.905			23	3.05×16.8	2.35		
			6	1120	1.95×16.8	1.35	3.29			47	1.95×16.8	9.4		
			3	1250	2.83×18	1.20	2.81			30	2.83×16.8	3.8		
			3	1150	4.1×18	1.30	3.25			14	4.1×16.8			

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	励磁方式	电枢 铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每元件匝数	总导体数	支路数	线规QZB(mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
Z3-92	125	220	635	1500	并	294	255	38	1	228	4	2 1.95×5.9	114	5	20×32
	75	220	385.2	1000	并			31	1	186	2	2-2.83×5.9	93	3	
	75	440	188	1000	他			37	1	370	2	2-1.25×5.9	185	2	
	55	220	289	750	并				1	222	2	2-1.95×5.9	111	2	
	55	440	139	750	他			45	1	450	2	2-1.0×5.9	225	2	
	40	220	214	600	并			31	1	310	2	2-1.68×5.9	155	2	
	115	230	500	1450	复			46	4	276	4	2-1.56×5.9	138	4	
Z3-101	160	220	808	1500	并	327	245	50	1	400	8	2-2.26×6.4	100	5	25×32
	100	220	511	1000	并				1	300	4	2-1.56×6.4	150	3	
	75	220	387	750	并			35	1	210	2	2-2.63×6.4	105	2	
	55	220	289	600	并			43	1	258	2	2-1.95×6.4	129	2	
	145	230	631	1450	复			42	1	252	4	2-1.95×6.4	126	4	

型号	主极 极数	气隙(mm)	每极匝数 串	每极匝数 并	线规QZ或TBR(mm) 串	线规QZ或TBR(mm) 并	并励电流(A)	换向极 极数	气隙(mm)	每极匝数	线规TBR(mm)	电枢回路电感(μH)	外接电感(μH)	转动惯量(kg·m²)
Z3-92	4	1.8/7.2	2	850	5.5×25	1.35	4.35	4	6	17 2a=2	3.53×16.8	0.43		2.18
			2	900	3.8×25	1.25	1.2			14	4.4×16.8	1.11		
			3	800	2.63×18	1.35	4.74			27	2.1×16.8	3.59		
			2	850	4.4×18	1.40	4.98			17	3.53×16.8	1.6		
			4	730	2.1×18	1.56	5.85			34	1.68×16.8			
			2	1000	3.53×18	1.25	3.33			23	2.63×16.8	3.1		
			2	650	4.7×25	1.45	5.93			20 2a=2	5.1×18			
Z3-101		2.0/8.0	1	790	7×25	1.62	6.55		8	8	2-3.8×16.8	0.34		3.48
			2	850	5.1×25	1.45	5.5			23 2a=2	2.83×16.8	0.78		
			2	820	3.8×25	1.45	5.29			16	4.4×16.8	1.45		
			3	910	3.05×25	1.45	4.51			19	3.28×16.8	2.25		
			2	630	5.5×25	1.45	6			19 2a=2	3.53×16.8			

注 有"*"者为试制数据。

三、ZF2、ZD2系列直流电动机铁心、绕组技术数据

ZF2、ZD2系列直流电动机，是取代ZF、ZD系列直流电动机的基本系列。它的功率等级、额定电压、额定转速以及其他技术性能均与ZF、ZD系列相同，但电机的体积、重量、转动惯量却显著减小，电机中心高降低。

它适用于拖动轧延机床及其辅助机械，中、大型金属切削机床、挖土机、造纸机和矿山、高炉等设备，其铁心、绕组技术数据见表5-6。

表5-6　　ZF2、ZD2系列直流电机铁心、绕组技术数据

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	电枢							
					铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每槽元件数	支路数	总导体数	绕组型式	线规及牌号SBECB(mm)
ZF2-111-1	190	460	413	1500	368	230	41	3	2	246	单波	2-2.44×7.4
ZF2 111-1B	190	460	413	1500			41	3	2	246		2-2.44×7.4
ZF2 111 1	190	230	826	1500			42	3	8	504	单蛙	2.44×7.4
ZF2 111 1B	190	230	825	1500			42	3	8	504		2.44×7.4
ZF2-112-1	145	230	630	1000		300	50	3	8	600		1.68×7.4
ZF2 112 1B	240	230	1043	1500			46	2	8	368		2-1.35×7.4
ZF2-112-1	240	230	1043	1500			46	2	8	368		2-1.35×7.4
ZF2 112-1B	240	460	522	1500			46	4	8	736		1.35×7.4
ZF2 112 1	240	460	522	1500			46	4	8	736		1.35×7.4
ZD2-112 1	75	220	381	500/1200			41	3	2	246	单波	2 2.44×7.4
ZD2 112 1	100	220	506	600/1200			46	4	8	736	单蛙	1.35×7.4
ZD2-112 1	125	220	624	750/1500			50	3	8	600		1.68×7.4
ZD2 112 1	160	220	795	1000/1500			42	3	8	504		2.44×7.4

型号	补偿					换向极		主极		标准励磁功率(kW)	电刷尺寸(mm)	每杆刷数	换向器片数	风量(m^3/s)	风压(Pa)
	槽数	每槽导线数	每极匝数	支路数	线规及牌号SBECB(mm)	每极匝数	线规及牌号LBR(mm)	每极匝数	线规及牌号QZLB(mm)						
ZF2 111-1						18	4.7×28	690	1.16×4.1	2.1	16×32	4	123	1.14	1280
ZF2 111-1B	5	4	10	1	3-3.28×9.3	9	6×22	640	1.16×4.1	2	16×32	4	123	1.08	1170
ZF2-111-1						18	4.7×28	690	1.16×4.1	2.1	20×32	6	126	1.32	1680
ZF2 111-1B	5	4	10	2	3-3.28×9.3	9	6×22	640	1.16×4.1	1.9	20×32	6	126	1.09	1050
ZF2-112 1						11	7×28	630	1.16×4.1	2.2	20×32	6	150	1.01	1040
ZF2-112 1B	5	3	7.5	2	6 2.1×9.3	6	7×22	594	1.25×4.1	2.2	25×32	6	92	1.44	1980
ZF2 112 1						13	7×28	610	1.25×4.1	2.5	25×32	6	92	1.4	1920
ZF2-112 1B	5	3	7.5	1	6-2.1×9.3	7	7×22	594	1.25×4.1	2.1	16×32	6	184	1.24	1520
ZF2-112-1						13	7×28	610	1.25×4.1	2.5	16×32	6	184	1.28	1600
ZD2 112-1						18	4.7×28	610	1.25×4.1	2.2	16×32	4	123	0.68	610
ZD2-112-1						13	7×28	609	1.56×4.1	3	16×32	6	184	0.87	810
ZD2-112-1						11	7×28	609	1.56×4.1	3.1	20×32	6	150	1.12	1250
ZD2 112 1						18	4.7×28	610	1.35×4.1	2.4	20×32	6	126	1.12	1260

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	电枢							
					铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每槽元件数	支路数	总导体数	绕组型式	线规及牌号 SBECB (mm)
ZF2-121-2B	190	230	826	1000	423	250	46	3	8	552	单蛙	2.26×7.4
ZF2-121 2	190	230	826	1000			46	3	8	552		2.26×7.4
ZF2 121-1B	190	460	413	1000			45	3	2	270	单波	2-2.1×7.4
ZF2-121-1	190	460	413	1000			45	3	2	270		2-2.1×7.4
ZF2-122-2	240	230	1042	1000		320	54	2	8	432	单蛙	2-1.35×7.4
ZF2-122-2B	240	230	1042	1000			54	2	8	432		2-1.35×7.4
ZF2-122-1	240	460	522	1000			54	4	8	864		2-1.35×7.4
ZF2-122-1B	240	460	522	1000		320	54	4	8	864		2-1.35×7.4
ZF2-121-2	300	230	1304	1500		250	42	2	8	326		2-1.68×7.4
ZF2 121-2B	300	230	1304	1500			42	2	8	326		2-1.68×7.4
ZF2 123-2	300	230	1304	1000		395	42	2	8	336		2-1.68×7.4
ZF2 123-2B	300	230	1304	1000			42	2	8	336		2-1.68×7.4
ZF2-121-2B	300	330	910	1500		250	42	3	8	504		2.44×7.4

型号	补偿					换向极		主极		标准励磁功率(kW)	电刷尺寸(mm)	每杆刷数	换向器片数	风量(m^3/s)	风压(Pa)
	槽数	每槽导线数	每极匝数	支路数	线规及牌号 SBECB (mm)	每极匝数	线规及牌号 LBR (mm)	每极匝数	线规及牌号 QZLB (mm)						
ZF2-121-2B	5	4	10	2	3-3.28×9.3	10	6×22	590	1.56×4.1	2.6	2-12.5×32	6	138	1.28	1150
ZF2-121-2						20	4.1×32	575	1.81×3.8	2.5	2-12.5×32	6	138	1.55	1545
ZF2-121-1B	5	4	10	1	3-3.28×9.2	10	6×22	590	1.56×4.1	2.6	2-10×32	4	135	1.15	910
ZF2-121-1						20	4.1×32	575	1.81×3.8	2.4	2-10×32	4	135	1.13	891
ZF2-122-2						16	5.1×22	546	1.81×3.8	3.1	2-12.5×32	8	108	1.68	1785
ZF2-122-2B	6	3	9	2	3-3.53×9.3	7	7×22	535	1.81×3.8	3.1	2 12.5×32	8	108	1.47	1405
ZF2 122-1						16	5.1×22	546	1.81×3.8	3.1	2-12.5×32	4	216	1.36	1230
ZF2-122 1B	6	3	9	1	3-3.53×9.3	7	7×22	535	1.81×3.8	3.0	2-12.5×32	4	216	1.38	1250
ZF2-121-2						12	2-3.53×32	610	1.35×5.1	3.0	2-12.5×32	8	84	2.02	2525
ZF2 121-2B	6	2	6	2	6-2.63×9.3	7	2-5.1×22	570	1.35×5.1	2.8	2-12.5×32	8	84	1.58	1595
ZF2-123-2						12	2-3.53×32	490	1.56×5.1	3.2	2-12.5×32	8	84	2.0	2455
ZF2 123-2B	6	2	6	2	6-2.63×9.3	6	2-5.1×22	470	1.56×5.1	3.1	2-12.5×32	8	84	1.43	1330
ZF2-121-2B	5	4	10	2	3 3.28×9.3	8	7×22	590	1.56×4.1	2.7	2-10×32	8	126	1.5	1450

续表

型　号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	电枢							
					铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每槽元件数	支路数	总导体数	绕组型式	线规及牌号 SBECB (mm)
ZF2-123-2B	300	330	910	1000	423	395	42	3	8	504	单蛙	2.44×7.4
ZF2-121-2B	300	460	652	1500		250	42	4	8	672		1.68×7.4
ZF2-121-2	300	460	652	1500			42	4	8	672		1.68×7.4
ZF2-123-2	300	460	652	1000		395	42	4	8	672		1.68×7.4
ZF2-123-2B	300	460	652	1000			42	4	8	672		1.68×7.4
ZD2-121-1B	55	220	292	320/1200		250	50	3	2	354	单波	2-1.68×7.4
ZD2-121-1B	75	220	390	400/1200			45	3	2	270		2-2.1×7.4
ZD2 122-1B	75	220	392	320/1200		320	45	3	2	270		2-2.1×7.4
ZD2-121-1B	100	220	514	500/1200		250	54	4	8	864	单蛙	1.35×7.4
ZD2-121-1B	100	440	254	500/1200			45	5	2	450	单波	2-1.45×7.4
ZD2-122-1B	100	220	517	400/1200		320	54	4	8	864	单蛙	1.35×7.4
ZD2-122-1B	100	440	255	400/1200			45	5	2	450	单波	2-1.45×7.4
ZD2-123-1B	100	220	520	320/1200		395	54	4	8	864	单蛙	1.35×7.4

型　号	补偿					换向极		主极		标准励磁功率(kW)	电刷尺寸(mm)	每杆刷数	换向器片数	风量(m^3/s)	风压(Pa)
	槽数	每槽导线数	每极匝数	支路数	线规及牌号 SBECB (mm)	每极匝数	线规及牌号 LBR (mm)	每极匝数	线规及牌号 QZLB (mm)						
ZF2-123-2B	5	4	10	2	3-3.28×9.3	8	7×22	470	1.56×5.1	3.0	2-10×32	8	126	1.5	1450
ZF2-121-2B	6	2	6	1	6-2.63×9.3	6	2-5.1×22	570	1.35×5.1	2.8	2-10×32	6	168	1.67	1760
ZF2-121-2						12	2-3.53×32	610	1.35×5.1	3.0	2-10×32	6	168	1.54	1540
ZF2-123-2						12	2-3.53×32	490	1.56×5.1	3.2	2-10×32	6	168	1.55	1545
ZF2-123-2B	6	2	6	1	6-2.63×9.3	6	2-5.1×22	470	1.56×5.1	3.0	2-10×32	6	168	1.48	1420
ZD2-121-1B	6	5	15	1	3-2.1×9.3	12	4.4×22	645	1.35×3.8	2.7	2-12.5×32	4	177	0.72	439
ZD2-121-1B	5	4	10	1	3-3.28×9.3	11	6×22	590	1.56×4.1	2.7	2-10×32	4	135	0.83	541
ZD2-122-1B	5	4	10	1	3-3.28×9.3	11	6×22	535	1.81×3.8	2.6	2-10×32	4	135	0.9	605
ZD2-121-1B	6	3	9	1	3-3.53×9.3	7	7×22	590	1.56×4.1	2.8	2-12.5×32	4	216	0.97	685
ZD2-121-1B	6	6	18	1	3-1.63×9.3	15	4.1×22	590	1.56×4.1	2.7	2-10×32	4	225	0.89	602
ZD2 122-1B	6	3	9	1	3-3.53×9.3	7	7×22	535	1.81×3.8	3.3	2-12.5×32	4	216	1.04	771
ZD2-122-1B	6	6	18	1	3-1.68×9.3	15	4.1×22	535	1.81×3.8	3.1	2-10×32	4	225	0.96	670
ZD2 123 1B	6	3	9	1	3-3.53×9.3	7	7×22	470	1.56×5.1	3.3	2-12.5×32	4	216	1.13	885

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	电枢							
					铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每槽元件数	支路数	总导体数	绕组型式	线规及牌号SBECB (mm)
ZD2-123 1B	100	440	257	320/1200	423	395	45	5	2	450	单波	2-1.45×7.4
ZD2-122-2B	125	220	628	500/1200		320	42	4	8	672	单蛙	1.68×7.4
ZD2-122-1B	125	440	314	500/1200			59	3	2	354	单波	2-1.68×7.4
ZD2-123 2B	125	220	635	400/1200		395	42	4	8	672	单蛙	1.68×7.4
ZD2-123-1B	125	440	316	400/1200			59	3	2	354	单波	2-1.68×7.4
ZD2 123-2B	160	220	800	500/1200			46	3	8	552	单蛙	2.26×7.4
ZD2-123-1B	160	440	398	500/1200			45	3	2	270	单波	2 2.1×7.4
ZF2-131-3B	370	230	1610	1000	493	340	46	2	8	368	单蛙	2-2.44×7.4
ZF2-131-2B	370	330	1120	1000			54	2	8	432		2-1.56×7.4
ZF2 131-2B	370	460	805	1000			54	3	8	648		2.1×7.4
ZF2-132-3B	470	330	1425	1000		420	50	2	8	400		2-2.1×7.4
ZF2 132-2B	470	460	1020	1000			46	3	8	552		1.45×7.4
ZF2-132-2B	470	660	712	1000			50	4	8	800		2.1×7.4

型号	补偿					换向极		主极		标准励磁功率(kW)	电刷尺寸(mm)	每杆刷数	换向器片数	风量(m^3/s)	风压(Pa)
	槽数	每槽导线数	每极匝数	支路数	线规及牌号SBECB(mm)	每极匝数	线规及牌号LBR(mm)	每极匝数	线规及牌号QZLB(mm)						
ZD2-123-1B	6	6	18	1	3-1.68×9.3	15	4.1×22	470	1.56×5.1	3.1	2 10×32	4	225	1.04	766
ZD2-122-2B	6	2	6	1	6-2.63×9.3	7	2-5.1×22	540	1.45×5.1	3.4	2-10×32	6	168	0.98	700
ZD2-122-1B	6	5	15	1	3-2.1×9.3	11	6×22	535	1.81×3.8	3.3	2-12.5×32	4	177	0.99	711
ZD2-123-2B	6	2	6	1	6-2.63×9.3	7	2-5.1×22	470	1.81×5.1	3.8	2-10×32	6	168	1.1	855
ZD2 123-1B	6	5	15	1	3-2.1×9.3	10	6×22	470	1.56×5.1	3.2	2-10×32	4	177	1.07	808
ZD2-123-2B	5	4	10	2	3-3.28×9.3	10	6×22	470	1.81×5.1	3.3	2 12.5×32	6	138	1.21	993
ZD2-123-1B	5	4	10	1	3-3.28×9.3	10	6×22	470	1.81×5.1	3.5	2-10×32	4	135	1.15	910
ZF2 131 3B	7	2	7	2	8-2.26×8.6	6	2-6×22	529	1.16×5.5	3.2	2-12.5×32	10	92	1.95	1540
ZF2-131-2B	5	3	7.5	2	6-2.1×10.8	8	2-4.4×22	484	1.45×6.4	3.7	2 12.5×32	8	108	1.86	1410
ZF2-131-2B	7	4	14	2	4-2.26×8.6	9	6×22	510	2.1×4.1	3.3	2-12.5×32	6	162	1.81	1345
ZF2-132-3B	5	3	7.5	2	6-2.1×10.8	7	2-6×22	470	1.35×6.4	3.6	2-12.5×32	10	100	2.18	1885
ZF2-132-2B	6	4	12	2	4-3.05×8.6	8	2-3.8×22	470	1.35×6.4	3.6	2-10×32	3	138	2.1	1770
ZF2-132-2B	5	6	15	2	3-2.1×10.8	13	6×22	470	1.35×6.4	3.6	2-10×32	6	200	2.0	1615

续表

型　号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	电枢							
					铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每槽元件数	支路数	总导体数	绕组型式	线规及牌号 SBECB (mm)
ZD2-131-2B	125	220	656	320/1200	493	340	50	4	8	800	单蛙	1.68×7.4
ZD2-131 1B	125	440	326	320/1200			43	5	2	430	单波	2-1.68×7.4
ZD2-131 2B	160	220	822	400/1200			54	3	8	648	单蛙	2.1×7.4
ZD2-131 1B	160	440	408	400/1200			55	3	2	330	单波	2-2.1×7.4
ZD2-131-2B	200	220	1010	500/1200			46	3	8	552	单蛙	2-1.45×7.4
ZD2-131-1B	200	440	500	500/1200			45	3	2	270	单波	4-1.35×7.4
ZD2-132-2B	160	220	827	320/1200		420	54	3	8	648	单蛙	2.1×7.4
ZD2-132 1B	160	440	410	320/1200			55	3	2	330	单波	2-2.1×7.4
ZD2-132-2B	200	220	1012	400/1200			46	3	8	552	单蛙	2-1.45×7.4
ZD2 132-1B	200	440	502	400/1200			45	3	2	270	单波	4-1.35×7.4
ZD2-132-2B	250	220	1245	500/1200			54	2	8	432	单蛙	2-1.56×7.4
ZD2-132-2B	250	440	618	500/1200			54	4	8	864		1.68×7.4
ZF2-151-1B	580	330	1755	1000	650	300	81	2	12	648	单蛙	2-1.56×7.4

型　号	补偿					换向极		主极		标准励磁功率(kW)	电刷尺寸(mm)	每杆刷数	换向器片数	风量(m^3/s)	风压(Pa)
	槽数	每槽导线数	每极匝数	支路数	线规及牌号 SBECB (mm)	每极匝数	线规及牌号 LBR (mm)	每极匝数	线规及牌号 QZLB (mm)						
ZD2-131-2B	5	6	15	2	3-2.1×10.8	14	5.1×22	470	1.35×6.4	3.5	2-10×32	6	200	1.28	740
ZD2-131-1B	5	6	15	1	3-2.1×10.8	17	5.1×22	510	2.1×4.1	3.1	2-10×32	4	215	1.19	662
ZD2-131 2B	7	4	14	2	4-2.26×8.6	9	6×22	510	2.1×4.1	3.6	2 12.5×32	6	162	1.35	805
ZD2 131-1B	7	4	14	1	1-4.26×8.6	10	6×22	510	2.1×4.1	3.7	2-12.5×32	4	165	1.26	725
ZD2 131-2B	6	4	12	2	4-3.05×8.6	8	7×22	484	1.45×6.4	3.5	2-10×32	8	138	1.51	978
ZD2-131-1B	6	4	12	1	4-3.05×8.6	8	7×22	484	1.45×6.4	3.6	2-10×32	4	135	1.39	845
ZD2-132-2B	7	4	14	2	4-2.26×8.6	9	6×22	460	2.26×4.4	3.8	2-12.5×32	6	162	1.49	960
ZD2-132-1B	7	4	14	1	4-2.26×8.6	10	6×22	460	2.26×4.4	3.8	2 12.5×32	4	165	1.4	860
ZD2-132-2B	6	4	12	2	4-3.05×8.6	8	2-3.8×22	468	2.26×5.1	4.0	2-10×32	8	138	1.52	985
ZD2-132-1B	6	4	12	1	4-3.05×8.6	8	7×22	468	2.26×5.1	4.0	2-10×32	4	135	1.44	905
ZD2-132-2B	5	3	7.5	2	6-2.1×10.8	8	2 2.44×22	425	1.68×5.9	4.0	2-12.5×32	8	108	1.67	1165
ZD2 132-2B	5	6	15	2	3-2.1×10.8	16	4.4×22	468	2.26×5.1	4.1	2-10×32	6	216	1.46	925
ZF2 151-1B	6	2	6	2	5.5×30	5	2-6×22	378	1.25×6.4	3.4	2-12.5×32	8	162	3.17	1760

续表

型号	功率（kW）	电压（V）	电流（A）	转速（r/min）	电枢							
					铁心外径（mm）	铁心长度（mm）	槽数	每槽元件数	支路数	总导体数	绕组型式	线规及牌号 SBECB（mm）
ZF2-151-1B	580	460	1260	1000	650	300	69	3	12	828	单蛙	2.44×7.4
ZF2 151-1B	580	660	879	1000			81	4	12	1296		1.56×7.4
ZF2-152-1B	730	660	1105	1000		375	81	3	12	972		1.95×7.4
ZF2-152-2B	730	330	2210	1000			63	2	12	504		2-2.1×7.4
ZD2 151-1B	200	220	1040	320/1000		300	69	4	12	1104		2.1×7.4
ZD2 151-1B	200	440	510	320/1000			86	2	2	344	单波	4-1.35×7.4
ZD2 151-1B	250	220	1260	100/1000			69	3	12	828	单蛙	2.26×7.4
ZD2-151-1B	250	330	845	400/1000			81	4	12	1296		1.45×7.4
ZD2 152-1B	250	220	1268	320/1000		375	69	3	12	828		2.26×7.4
ZD2-152-1B	250	330	845	320/1000			81	4	12	1296		1.45×7.4
ZD2-151-1B	320	220	1605	500/1000		300	81	2	12	648		2-1.35×7.4
ZD2-152-1B	320	440	797	500/1000			81	4	12	1296		1.35×7.4
ZD2 152-1B	320	220	1610	400/1000		375	81	2	12	648		2-1.35×7.4

型号	补偿					换向极		主极		标准励磁功率（kW）	电刷尺寸（mm）	每杆刷数	换向器片数	风量（m^3/s）	风压（Pa）
	槽数	每槽导线数	每极匝数	支路数	线规及牌号 SBECB（mm）	每极匝数	线规及牌号 LBR（mm）	每极匝数	线规及牌号 QZLB（mm）						
ZF2-151-1B	4	2	4	1	8×30	3	2-11×22	378	1.25×6.4	3.9	2 10×32	8	207	3.17	1760
ZF2 151-1B	6	2	6	1	5.5×30	5	2-6×22	378	1.25×6.4	3.3	2 10×32	5	324	2.99	1580
ZF2-152 1B	5	2	5	1	6.5×30	3	2-11×22	368	1.56×5.9	3.8	2-10×32	8	243	2.6	1230
ZF2-152-2B	5	2	5	2	6.5×30	3	2-11×22	368	1.56×5.9	3.9	2-12.5×32	10	126	2.87	1470
ZD2 151-1B	5	2	5	1	6.5×30	4	2-7×22	390	1.45×6.4	4.0	2 10×32	5	276	1.8	657
ZD2 151-1B	5	4	10	1	3.28×30	7	7×22	390	1.45×6.4	4.6	2-12.5×32	5	172	1.55	521
ZD2-151-1B	4	2	4	1	8×30	3	2-11×22	390	1.45×6.4	4.5	2-10×32	8	207	1.88	707
ZD2-151-1B	6	2	6	1	5.5×30	5	2-6×22	390	1.45×6.4	4.5	2-10×32	5	324	1.77	689
ZD2-152-1B	4	2	4	1	8×30	3	2-11×32	330	1.56×6.4	4.6	2-10×32	8	207	2.07	830
ZD2-152-1B	6	2	6	1	5.5×30	5	2-6.5×22	330	1.56×6.4	4.3	2 10×32	5	324	1.93	739
ZD2-151-1B	6	2	6	2	5.5×30	5	2-6×22	384	1.68×6.4	4.9	2-12.5×32	8	162	2.05	815
ZD2-152-1B	6	2	6	1	5.5×30	5	2-6×22	384	1.68×6.4	5.1	2-10×32	5	324	1.86	693
ZD2-152-1B	6	2	6	2	5.5×30	5	2-5.5×22	352	1.81×6.4	5.6	2-12.5×32	8	162	2.11	856

续表

型　号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	电枢							
					铁心外径 (mm)	铁心长度 (mm)	槽数	每槽元件数	支路数	总导体数	绕组型式	线规及牌号 SBECB (mm)
ZD2-152-1B	320	440	795	400/1000	650	375	81	4	12	1296	单蛙	1.35×7.4
ZD2-153-1B	320	220	1610	320/1000		460	81	2	12	648		2-1.35×7.4
ZD2-153-1B	320	440	798	320/1000		460	81	4	12	1296	单蛙	1.35×7.4
ZD2-152-1B	400	330	1325	500/1000		375	69	3	12	828		2.26×7.4
ZD2-152-1B	400	440	992	500/1000			69	4	12	1104		1.68×7.4
ZD2 153-1B	400	330	1320	400/1000		460	69	3	12	828		2.26×7.4
ZD2-153-1B	500	440	991	400/1000			69	4	12	1104		1.68×7.4
ZD2-153-1B	500	330	1640	500/1000			81	2	12	648		2-1.45×7.4
ZD2-153-1B	500	660	816	500/1000			81	4	12	1296		1.45×7.4
ZF2-171-1B	920	660	1394	1000	850	320	75	3	12	900		2-1.45×7.4
ZF2-171 1B	1150	660	1745	1000			75	3	12	900		2-1.68×7.4
ZD2-172-1B	400	330	1335	320/1000		360	87	3	12	1044		2.26×7.4
ZD2 172-1B	400	440	1000	320/1000			81	4	12	1296		1.68×7.4

型　号	补　偿					换向极		主　极		标准励磁功率 (kW)	电刷尺寸 (mm)	每杆刷数	换向器片数	风量 (m³/s)	风压 (Pa)
	槽数	每槽导线数	每极匝数	支路数	线规及牌号 SBECB (mm)	每极匝数	线规及牌号 LBR (mm)	每极匝数	线规及牌号 QZLB (mm)						
ZD2-152 1B	6	2	6	1	5.5×30	5	2-5.5×22	352	1.81×6.4	5.7	2-10×32	5	324	1.93	739
ZD2-153-1B	6	2	6	2	5.5×30	5	2-5.5×22	300	2.63×5.9	6.0	2-12.5×32	8	162	2.3	1015
ZD2 153-1B	6	2	6	1	5.5×30	5	2-5.5×22	300	2.63×5.9	6.0	2-10×32	5	324	2.15	883
ZD2-152 1B	4	2	4	1	8×30	3	2-11×22	330	1.56×6.4	4.4	2-10×32	8	207	2.36	1033
ZD2-152-1B	5	2	5	1	6.5×30	4	2-7×22	330	1.56×6.4	4.6	2-10×32	5	276	2.15	884
ZD2-153-1B	4	2	4	1	8×30	3	2-11×22	296	1.81×6.9	5.5	2-10×32	8	207	2.43	1087
ZD2 153-1B	5	2	5	1	6.5×30	4	2-7×22	296	1.81×6.9	5.5	2-10×32	5	276	2.43	1087
ZD2-153-1B	6	2	6	2	5.5×30	5	2-5.5×22	300	2.63×5.9	5.7	2-12.5×32	8	162	2.47	1123
ZD2 153-1B	6	2	6	1	5.5×30	5	2-5.5×22	300	2.63×5.9	5.9	2-10×32	5	324	2.43	1097
ZF2-171-1B	4	2	4	1	11×30	3	2-10×25	312	1.4×7.4	4.1	2-12.5×32	8	225	3.85	1210
ZF2-171-1B	4	2	4	1	11×30	3	2-10×30	312	1.68×7.4	4.5	2-12.5×32	8	225	4.66	1710
ZD2-172-1B	5	2	5	1	8×30	4	2-10×25	320	1.58×7.4	6.7	2-12.5×32	6	261	3.08	840
ZD2-172-1B	6	2	6	1	6.5×30	5	2-7×28	308	1.95×7.4	6.3	2-12.5×32	5	324	2.8	700

续表

型号	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	电枢							
					铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每槽元件数	支路数	总导体数	绕组型式	线规及牌号 SBECB (mm)
ZD2-172-1B	500	330	1660	400/1000	850	360	75	3	12	900	单蛙	2-1.45×7.4
ZD2-172-1B	500	440	1240	400/1000			87	3	12	1044		2.1×7.4
ZD2 173-1B	500	440	1240	320/1000		450	87	3	12	1044		2.1×7.4
ZD2-172 1B	630	330	2080	500/1000		360	81	2	12	648		2-1.68×7.4
ZD2-172 1B	630	660	1032	500/1000			81	4	12	1296		1.68×7.4
ZD2-173 1B	630	660	1030	400/1000		450	81	4	12	1296		1.68×7.4
ZD2-174 1B	630	660	1035	320/1000		545	81	4	12	1296		1.68×7.4
ZD2 173-1B	800	660	1300	500/1000		450	87	3	12	1044		2.1×7.4
ZD2-174-1B	800	660	1303	400/1000		545	87	3	12	1044		2.1×7.4
ZD2-174-1B	1000	660	1630	500/1000			75	3	12	900		2-1.45×7.4

型号	补偿					换向极		主极		标准励磁功率(kW)	电刷尺寸(mm)	每杆刷数	换向器片数	风量(m^3/s)	风压(Pa)
	槽数	每槽导线数	每极匝数	支路数	线规及牌号 SBECB (mm)	每极匝数	线规及牌号 LBR (mm)	每极匝数	线规及牌号 QZLB (mm)						
ZD2-172-1B	4	2	4	1	11×30	3	2-10×30	320	1.56×7.4	4.7	2-12.5×32	8	225	3.23	892
ZD2-172-1B	5	2	5	1	8×30	4	2 7×28	308	1.95×7.4	6.5	2-12.5×32	6	261	3.17	870
ZD2-173-1B	5	2	5	1	8×30	4	2-7×28	292	2.26×7.4	7.2	2-12.5×32	6	261	3.25	890
ZD2-172-1B	6	2	6	2	6.5×30	5	2-7×28	300	1.81×7.4	5.6	2-12.5×32	8	162	3.58	1070
ZD2-172-1B	6	2	6	1	6.5×30	5	2-7×28	300	1.81×7.4	5.9	2-10×32	5	324	3.39	965
ZD2-173-1B	6	2	6	1	6.5×30	5	2-7×28	292	2.26×7.4	6.8	2-10×32	5	324	3.38	964
ZD2-174-1B	6	2	6	1	6.5×30	4	2-7×28	250	2.83×7.4	9.8	2-12.5×32	5	324	3.59	1073
ZD2-173 1B	5	2	5	1	8×30	3	2-10×25	292	2.26×7.4	6.8	2-12.5×32	6	261	3.9	1240
ZD2-174-1B	5	2	5	1	8×30	3	2-10×25	250	2.83×7.4	10	2-12.5×32	6	261	4.07	1340
ZD2-174-1B	4	2	4	1	11×30	3	2-10×30	258	2.44×7.4	7.8	2-12.5×32	8	225	4.4	1540

四、ZZY系列起重冶金用直流电动机铁心、绕组技术数据

ZZY系列直流电动机具有快速起动和较大过载转矩倍数的特性，能承受频繁的起动、反转和经常的电气制动和机械制动等特点。

高速电机适用于起重设备；低速电机适用于冶金辅助设备，如轧钢、炼铁、炼钢车间的辅助传动机械等，其铁心、绕组技术数据见表5-7。

表 5-7

ZZY-3～4 号机座直流电动机铁心、绕组技术数据

转速分类	机座号	励磁方式	电枢									主极						换向极			换向器			每杆刷数	电刷尺寸 (mm)
			铁心外径 (mm)	铁心长度 (mm)	槽数	每槽单元数	每元件匝数	总导体数	支路数	槽节距	线规 (mm)	气隙 (mm)	他励绕组匝数	串励绕组匝数	他励绕组线规 QY (mm)	串励绕组线规 (mm)	他励绕组电流 (A)	气隙 (mm)	匝数	线规 (mm)	外径 (mm)	片数	节距		
低速	31	串	210	125	31	4	3	738	2	1～9	1.25×3.05 SBEGB	1.5	2220	44	0.41	2.83×6.4 SBEGB	0.273	2	55	2.83×5.5 SBEGB	180	123	1～62	1	12.5×32
		复											2300	11	0.69	2.44×8 SBEGB	0.685								
		并											1750	4	0.83	1.56×14.5 TBR	1.19								
	32	串	210	195	31	3	3	558	2	1～9	1.81×3.05 SBEGB	1.5	2580	35	0.41	2.83×6.4 SBEGB	0.195	2	41	2.44×8 SBEGB	180	93	1～47	1	16×32
		复											1530	9	0.74	2.44×8 SBEGB	1.02		43						
		并											1480	3	0.90	1.81×14.5 TBR	1.4		44						
	41	串	245	190	31	4	2	492	2	1～9	1.56×5.9 SBEGB	1.75	1550	31	0.38	2-1.81×8.6 SBEGB	0.227	2.5	36	1.56×19.5 TBR	200	123	1～62	2	16×32
		复											1460	10	0.90	2.44×12.5 TBR	1.34								
		并											1400	3	1.04	2.83×22 TBR	1.783								
	42	串	245	275	31	3	2	372	2	1～9	2.1×5.9 SBEGB	1.75	1220	23	0.41	2-2.83×8 SBEGB	0.264	2.5	27	2.26×145 TBR	200	93	1～47	2	16×32
		复											1174	8	1.0	3.8×12.5 TBR	1.66								
		并											1214	3	1.12	2.83×22 TBR	2.07								

续表

转速分类	机座号	励磁方式	电枢									主极						换向极			换向器			每杆刷数	电刷尺寸(mm)
			铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每槽单元数	每元件匝数	总导体数	支路数	槽节距	线规(mm)	气隙(mm)	他励绕组匝数	串励绕组匝数	他励绕组线规QY(mm)	串励绕组线规(mm)	他励绕组电流(A)	气隙(mm)	匝数	线规(mm)	外径(mm)	片数	节距		
高速	31	串	210	125	31	4	2	492	2	1～9	1.25×4.7 SBEGB	1.5	3000	41	0.41	2.83×6.4 SBEGB	0.181	2	36	3.8×5.5 SBEGB	180	123	1～62	1	12.5×32
		复											1820	11	0.72	2.44×8 SBEGB	0.9		37						
		并											1750	4	0.83	1.56×14.5 TBR	1.19		37						
	32	串	210	195	31	3	2	372	2	1～9	1.81×4.7 SBEGB	1.5	2300	30	0.41	3.23×8.6 SBEGB	0.171	2	28	1.81×14.5 SBEGB	180	93	1～47	1	16×32
		复											1420	8	0.80	3.28×8 SBEGB	1.1								
		并											1480	3	0.90	1.81×14.5 TBR	1.4								
	41	串	245	190	31	5	1	310	2	1～9	2 1.16 ×5.9 SBEGB	1.75	1568	31	0.44	2-1.81×8.6 SBEGB	0.304	2.5	23	2.63×15.6 TBR	200	155	1～78	2	16×32
		复											1410	8	1.0	2.83×1.25 TBR	1.385								
		并											1400	3	1.04	2.83×22 TBR	1.785								
	42	串	245	275	31	4	1	246	2	1～9	2-1.56 ×5.9 SBEGB	1.75	1230	20	0.47	2-3.28×8.6 SBEGB	0.347	2.5	18	3.53×14.5 TBR	200	123	1～62	2	16×32
		复											1174	6	1.0	3.8×12.5 TBR									
		并											1214	3	1.12	2.83×22 TBR	2.07								

五、ZZJ2 系列起重、冶金用直流电动机技术数据

ZZJ2 系列电动机适于直流发电机组供电，亦允许三相桥式全控整流电源供电；其绝缘等级为 H 级。ZZJ2 系列电动机包括 1～9 号机座共 132 个规格，其技术数据见表 5 8。

表 5-8　ZZJ2 系列起重、冶金用直流电动机铁心、绕组技术数据（220V）

型号	励磁方式	持续率（%）	电枢									主极						换向极			换向器			每杆刷数	电刷尺寸（mm）
			铁心外径（mm）	铁心长度（mm）	槽数	每槽单元数	每元件匝数	总导体数	支路数	槽节距	线规（mm）	气隙（mm）	他励绕组匝数	串励绕组匝数	他励绕组线规（mm）	串励绕组线规（mm）	他励绕组电流（A）	气隙（mm）	匝数	线规（mm）	外径（mm）	片数	节距		
ZZJ2-12	串															1.18×3.55 SBEGB									
	复	25	138	130	25	4	5	990	2	1～5	2- 1.06	1.2			0.38 QY	1.18×3.55 SBEGB		2.0		1.18×3.55 SBEGB	125	99	1～50	1	12.5×20
	他														0.41 QY		0.5								
ZZJ2-22	串															2.24×4.5 SBEGB									
	复	25	162	150	29	3	4	696	2	1～8	2 1.4	1.5			0.45 QY	1.8×4.5 SBEGB		2.5		1.18×4.5 SBEGB	150	87	1～44	1	12.5×25
	他														0.67 QY		0.797								
ZZJ2-31	串													80		2.5×5.6 SBEGB			56						
	复	25	210	115	27	4	3	642	2	1～8	1.4× 3.35	1.5～3.75	1446	32	0.67 QY	3.15×6.0 SBEGB	0.85	3.5	55	2.5×5.6 SBEGB	180	107	1～54	1	16×32
	他												1650		1.0 QY		1.59		55						
ZZJ2-32	串													62		3.55×6.3 SBEGB			49						
	复	25	210	150	31	3	3	558	2	1～9	1.8× 3.35	1.5～3.75	1522	27	0.75 QY	3.55×6.3 SBEGB	0.9	3.5	48	3.55×6.3 SBEGB	180	93	1～47	1	16×32
	他												1588		1.06 QY		1.72		48						

续表

型号	励磁方式	持续率(%)	电枢 铁心外径(mm)	电枢 铁心长度(mm)	电枢 槽数	电枢 每槽单元数	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 槽节距	电枢 线规(mm)	主极 气隙(mm)	主极 他励绕组匝数	主极 串励绕组匝数	主极 他励绕组线规(mm)	主极 串励绕组线规(mm)	主极 他励绕组电流(A)	换向极 气隙(mm)	换向极 匝数	换向极 线规(mm)	换向器 外径(mm)	换向器 片数	换向器 节距	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
ZZJ2-41	串	25	245	180	31	4	2	492	2	1～9	1.76×6.3 SBEGB	1.8×～4.5		38		1.08×3.2 TBR		4.5	40	1.56×32 TBR	200	123	1～62	2	16×32
		100												38					40						
	复	25											1158	19	0.85 QY	1.35×25 TBR	1.28		40						
		100											1423	16	0.83 QY		1.06		41						
	他	25											1301		1.12 QY		2.09		40						
		100											1502		1.25 QY		2.06		40						
ZZJ2-42	串	25	245	240	33	3	2	396	2	1～9	2.12×6.3 SBEGB	1.8～4.5		28		1.25×32 TBR		4.5	33	1.18×32 TBR	200	99	1～50	2	16×32
		100												31					34						
	复	25											1079	14	0.9 QY	1.25×32 TBR	1.24		33						
		100											1315	13			1.12		33						
	他	25											1046		1.25 QY		2.46		33						
		100											1272		1.30 QY		2.45		33						

续表

型号	励磁方式	持续率(%)	电枢									主极						换向极			换向器			每杆刷数	电刷尺寸(mm)
			铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每槽单元数	每元件匝数	总导体数	支路数	槽节距	线规(mm)	气隙(mm)	他励绕组匝数	串励绕组匝数	他励绕组线规(mm)	串励绕组线规(mm)	他励绕组电流(A)	气隙(mm)	匝数	线规(mm)	外径(mm)	片数	节距		
ZZJ2-51	串	25	294	225	31	5	1	310	2	1～9	2-1.35 ×6.9 SBEGB	2～5		28		2.63×25 TDR		5	26	2.26×22 TBR	250	155	1～78	2	16×32
		100												31											
	复	25											1351	14	1.03 QY	2.63×28 TDR	1.28								
		100															1.5								
	他	25											1227		1.453 QY		2.9								
		100															3.51								
ZZJ2-52	串	25	294	300	31	4	1	246	2	1～9	2-1.81 ×6.9 SBEGB	2～5		23		2.63×30 TDR		5	21	3.28×19.5 TBR	250	123	1～62	3	16×32
		100												24											
	复	25											1125	12	1.16 QY	2.63×30 TDB	1.79								
		100												11			1.8								
	他	25											1127		1.68 QY		3.21								
		100															4.55								

续表

型号	励磁方式	持续率(%)	电枢 铁心外径(mm)	电枢 铁心长度(mm)	电枢 槽数	电枢 每槽单元数	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 槽节距	电枢 线规(mm)	主极 气隙(mm)	主极 他励绕组匝数	主极 串励绕组匝数	主极 他励绕组线规(mm)	主极 串励绕组线规(mm)	主极 他励绕组电流(A)	换向极 气隙(mm)	换向极 匝数	换向极 线规(mm)	换向器 外径(mm)	换向器 片数	换向器 节距	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
ZZJ2-62	串	25	327	330	35	3	1	210	2	1～10	2 2.26 ×7.4 SBEGB	2.5～6.25		20		3.53×35 TBR		5.5	18	4.7×18 TBR	280	105	1～53	3	20×32
		100												21											
	复	25											1191	9	1.3 QY	3.53×35 TBR	1.86								
		100															1.95								
	他	25											1022		1.95 QY		4.07								
		100															5.02								
ZZJ2-71	串	25	368	340	47	2	1	186	2	1～13	2-2.83 ×7.4 SBEGB	2.5～6.25		16		5×35 TMR		6	15	6×18 TBR	305	93	1～47	3	2～12.5 ×32
		100																							
	复	25											1180	7	1.35 QY	5×35 TMR	2								
		100															2								
	他	25											1185		1.95 QY		4								
		100															5								

续表

型号	励磁方式	持续率(%)	电枢 铁心外径(mm)	电枢 铁心长度(mm)	电枢 槽数	电枢 每槽单元数	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 槽节距	电枢 线规(mm)	主极 气隙(mm)	主极 他励绕组匝数	主极 串励绕组匝数	主极 他励绕组线规(mm)	主极 串励绕组线规(mm)	主极 他励绕组电流(A)	换向极 气隙(mm)	换向极 匝数	换向极 线规(mm)	换向器 外径(mm)	换向器 片数	换向器 节距	每杆刷数	电刷尺寸(mm)
ZZJ2-72	串	25	368	410	4	2	1	170	2	1～12	2 3.53 ×7.4 SBEGB	2.5～6.25		13		5×35 TMR		62	13	7×18 TBR	305	85	1～43	4	2～12.5 ×32
		100																							
	复	25											1015	6	1.4 QY	5×35 TMR	2.32								
		100															2.21								
	他	25											1003		2.02 QY		4.88								
		100															5.04								
ZZJ2-82	串	25	423	480	50	3	1	300	4	1～13	2-2.1 ×8 SBEGB	3～7.5		13		6×45 TMR		7	12	7×28 TBR	355	150	1～2	5	2～12.5 ×32
		100																							
	复	25											800	6	1.62 QY	6×40 TMR	3.44								
		100															3.36								
	他	25											725		1.35×3.53 SBEGB		6.5								
		100															8.5								

续表

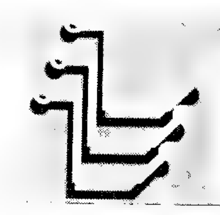
型号	励磁方式	持续率(%)	电枢									主极						换向极			换向器			每杆刷数	电刷尺寸(mm)
			铁心外径(mm)	铁心长度(mm)	槽数	每槽单元数	每元件匝数	总导体数	支路数	槽节距	线规(mm)	气隙(mm)	他励绕组匝数	串励绕组匝数	他励绕组线规(mm)	串励绕组线规(mm)	他励绕组电流(A)	气隙(mm)	匝数	线规(mm)	外径(mm)	片数	节距		
ZZJ2-91	串	25	493	420	42	3	1	252	4	1～11	2-3.63×8 SBEGB	3～7.5		11		6×45 TMR		8	10	8×25 TBR	415	126	1～2	6	2～12.5×32
		100																							
	复	25											816	5	1.81 QY	5.5×45 TMR	3.41								
		100															4								
	他	25											725		1.45×3.53 SBEGB		6.85								
		100															9.61								
ZZJ2-92	串	25	493	510	38	3	1	228	4	1～10	2-3.53×8 SBEGB	3～7.5		9		7×45 TMR		8	9	2～5.1×25 TBR	415	114	1～2	6	2～16×32
		100												10											
	复	25											740	5	1.95 QY	5.5×45 TMR	3.67								
		100															4.32								
	他	25											565		1.56×4.4 SBEGB		10.14								
		100															13.7								

六、WK-4 型挖掘机用直流电动机技术数据

WK-4 型挖掘机用直流电动机铁心、绕组技术数据见表 5-9。

表 5-9 **WK-4 型挖掘机用直流电动机铁心、绕组技术数据**

型号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	工作持续率 (%)	励磁方式	电枢 铁心外径 (mm)	电枢 铁心长度 (mm)	电枢 槽数	电枢 每槽元件数	电枢 每元件匝数	电枢 总导体数	电枢 支路数	电枢 线规及牌号 (mm)	换向片数	每杆刷数	电刷尺寸 (mm)	主极 气隙 (mm)	主极 每极匝数	主极 励磁电流 (A)	主极 线规及牌号 (mm)	换向极 气隙	换向极 每极匝数	换向极 线规及牌号 (mm)	电机名称
ZFW49. 3/24	220	460	478	1480	100	他	493	240	58	3	1	696	8	SBECB 2. 44×7. 4	174	5	2～12. 5 ×32	3/8	540	11. 5	SBECB 1. 81×4. 1	9	14	TBR 6×30	提升发电机
ZFW42. 3/20	125	450	278	1480	100	他	423	200	41	3	1	246	2	SBECB 2-3. 05×7. 4	123	3	2-12. 5 ×32	6. 5	680	9	SBECB 1. 68×3. 53	10. 1	20	TBR 4. 4×25	回转发电机
ZFW42. 3/10. 5	63	230	274	1480	100	他	423	105	41	3	1	246	2	2-3. 05×7. 4	123	3	2-12. 5 ×32	4	750	7. 47	SBECB 1. 16×3. 8	7	20	TBR 4. 5×25	推压、行走发电机
ZDW-82	175	460	410	740	75	他	423	460	46	4	1	368	4	SBECB 2-1. 56×7. 4	184	4	2-12. 5 ×32	3/6	676	7. 88	SBECB 1. 56×3. 28	4. 5	13	TBR 6×25	提升电动机
ZDW-52I$_3$	54	220	270	1150	100	他	294	300	39	2	1	154	2	SBECB 2-3. 05×6. 4	77	3	2-10×22	2/5	1190	3. 02	QZ 1. 56	4	12	TBR 5. 1×19. 5	回转电动机
ZDW-52	54	220	270	1150	100	他	294	300	39	2	1	154	2	SBECB 2-3. 05×6. 4	77	3	2-10 ×32	2/5	1190	3. 02	QZ 1. 56	4	12	TBR 5. 1×19. 5	推压电动机
ZDW-52	54	220	270	1150	45 min	他	294	300	39	2	1	154	2	SBECB 2-3. 05×6. 4	77	3	2-15 ×32	2/5	1190	3. 02	QZ 1. 56	4	12	TBR 5. 1×19. 5	行动电动机
ZDW-52	4. 5	220	24. 4	1100	25	复	162	130	31	3	4	744	2	QZ 2- 1. 25	93	2	10×12. 5	1. 2	并励 1625 串励 31	0. 45	串励 TBR 2. 1×4. 1 并励 QZ 0. 57	1. 7	51	SBECB 2. 1×4. 1	开斗电动机



第六章

交、直流单相串励电动机绕组重绕

单相串励电动机具有转速高（一般为4000～12 000r/min，有的可达18 000r/min）、体积小、重量轻、起动力矩大、调速方便等特点，除了大量使用于化工、医疗等部门外，在电动工具中，作为动力头得到广泛的应用。这种电机用量最大的是小型和微型电机，其绕组和直流电机相似，但其重绕工艺上有其独特之处。

第一节　交、直流单相串励电动机基本知识

一、结构

单相串励电动机一般是交直流两用的，即同一台串励电动机既可在交流电源下工作，也可在直流电源下工作，并要求两种情况下运行特性相似。

这种电动机一般有装入式、开启式和防护式三种。装入式便于大量生产，成本低，亦便于用户按照专业特点加装各种外壳；开启式和防护式则便于用户直接安装。

定子是由定子铁心和励磁绕组等组成，定子铁心由厚度为0.5mm硅钢片冲制的定子冲片叠压而成，如图6-1所示。励磁绕组用高强度漆包线绕制，嵌入定子铁心后进行绝缘处理。

转子由铁心、绕组、换向器、轴、风扇等组成，其中铁心和绕组部分又称为电枢，其结构与一般直流电机相似。防护式单相串励电动机的外形及内部结构如图6-2所示。

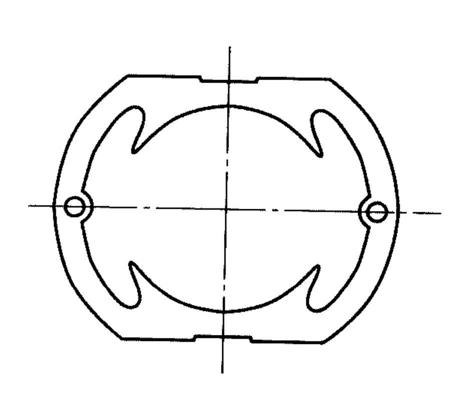


图6-1　定子冲片

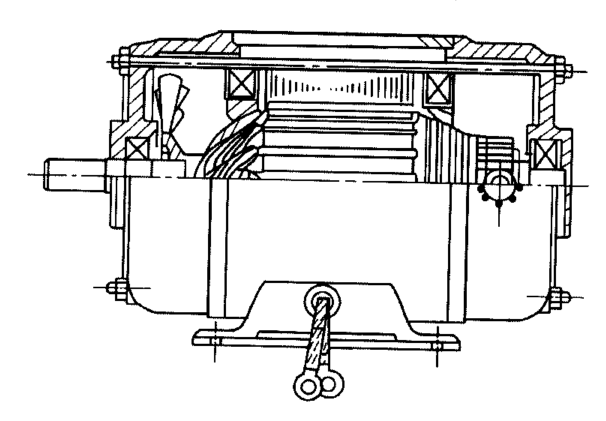


图6-2　防护式单相串励电动机外形及结构

二、工作原理

交流串励电动机的工作原理是建立在直流串励电动机基础上的，如果掌握了直流串励电动机的工作原理和基本特性，再分析交流串励电动机就比较容易接受了。

直流串励电动机的工作原理，如图6-3所示。在图6-3（a）中，电枢绕组和励磁绕组是串联的，加一直流电压，电流方向如图中所示。根据左手定则，转子的旋转方向是逆时针的。如果把电源反过来，如图6-3（b）所示，由于是串励电动机，主磁通ϕ及电枢电流I同时改变方向。根据左手定则可知，转子转向不变，仍为逆时针方向旋转。因此，把直流串励电动机接到

交流电源上，虽然电源极性反复变化，但磁通和电枢电流方向同时改变，转子转向始终不变。这就是单相串励电动机的工作原理。

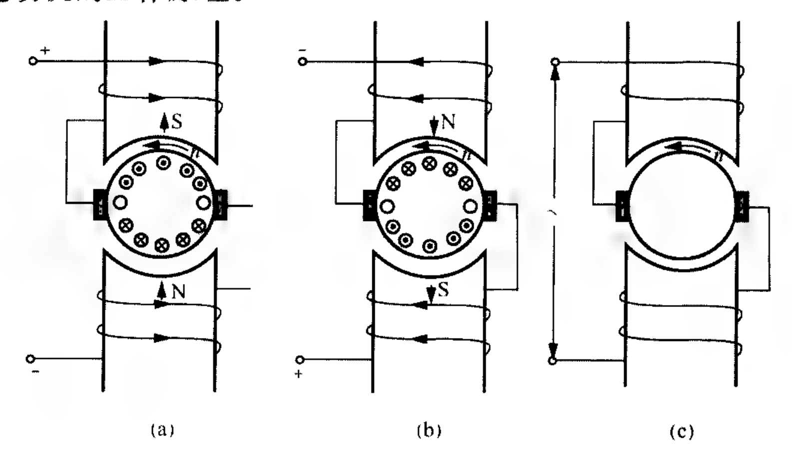


图 6-3　单相串励电动机的原理

(a) 电源正接；(b) 电源反接；(c) 电枢与磁极的连接方法

要改变串励电动机的旋转方向，必须将电枢绕组两端（或励磁绕组两端）的接线对调一下，如图 6-4 所示，串励电动机的机械特性见第五章。

三、换向火花及其改善方法

单相串励电动机修理后，遇到的最大困难就是电刷下的火花不易解决。火花超过一定限度后，电动机就不能正常工作。因此，了解电机换向火花及其改善方法是非常必要的。

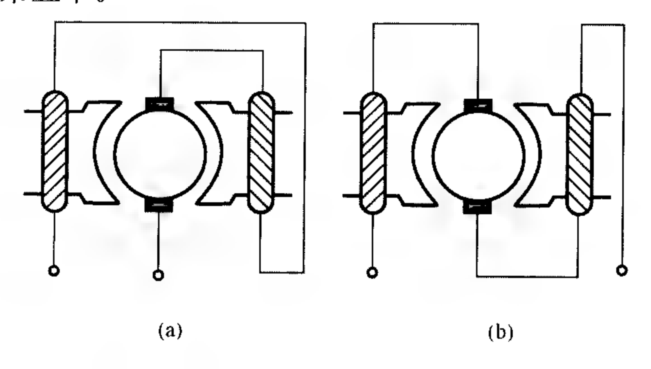


图 6-4　改变电动机转向的接法

(a) 正转接线；(b) 反转接线

1. 换向与火花

换向问题是一切带有换向器电动机的一个专门问题，由其是交直流单相串励电动机尤为突出。当电枢旋转时，组成电枢绕组每条支路的元件在依次循环地轮换，即一条支路中的元件经过被电刷短路之后，变为另一条支路的元件。由于流过每条支路的电流方向是不变的，相邻支路中电流的方向对绕组的闭合回路来说是相反的，因此直流电机在工作时，绕组元件连续不断地从一条支路退出而进入相邻的支路。在元件由一条支路转入另一条支路这个过程中，元件里的电流方向就要改变一次方向，这种元件内电流改变的过程称为换向，如图 6-5 所示。

换向过程所需的时间 T 称为换向周期。转速越高，换向周期越短。因为单相串励电动机转速很高，元件中的电流改变方向很困难。

换向困难的直接后果是电刷下出现火花，这就是单相串励电动机换向火花较其他直流电机更为突出的原因。

2. 改善换向的方法

改善换向的方法一般有三种：一是加装换向极；二是移动电刷位置；三是移动元件到换向器的焊头位置。在这三种方法中，加装换向极是改善换向过程中最有效的方法，但这种方法只能在大于 1kW 的电机中使用。对小容量的串励电动机来说，因电机内部空间位置很小，不可能加装换向极，只能采用后两种方法改善换向。

（1）移动电刷位置。在串励电动机中，可将电刷逆旋转方向移动一个角度，这样主极就可代替换向极的作用，帮助换向的进行，但移动的角度要适当。角度过大，换向元件切割主磁极的磁通密度过高，产生的速度电动势过大，换向过分地提前，会使电刷下出现火花。角度过小，换向元件切割主极磁通密度很低，产生的速度电动势很小，不足以抵消电抗电动势，换向变得落后，电刷下面也会出现火花。

（2）移动元件到换向器的焊头位置。虽然采用移动电刷的方法比较方便，但有的电动机电刷是固定在端盖上的。这种电动机改善换向，就必须顺转方向移动每个元件到换向器的焊头位置。但移动距离一定要恰当，否则仍然会产生火花。

三种改善换向方法的电刷位置及线圈元件边位置的比较如图 6-6 所示。

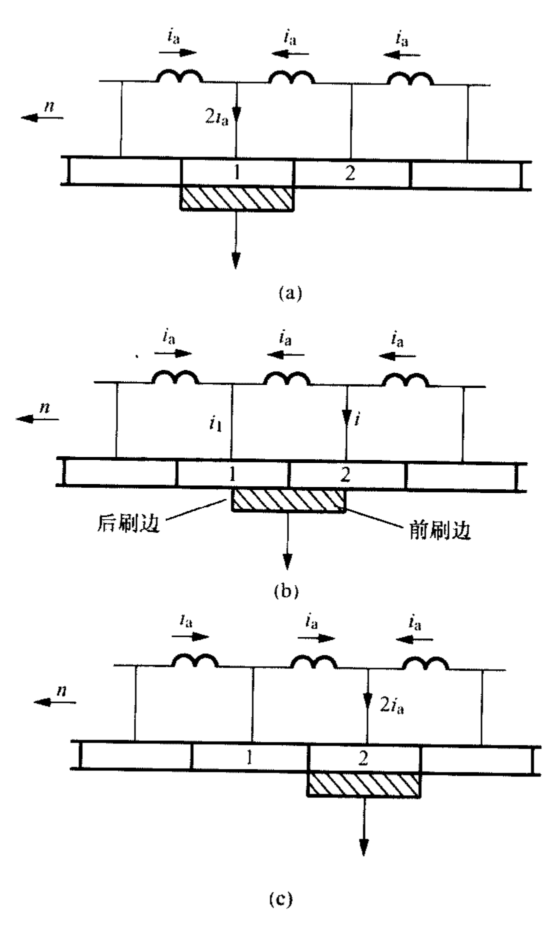


图 6-5　电枢绕组元件换向示意图

（a）电刷与换向片 1 接触；（b）电刷将 1、2 换向片短接；（c）电刷与换向片 2 接触

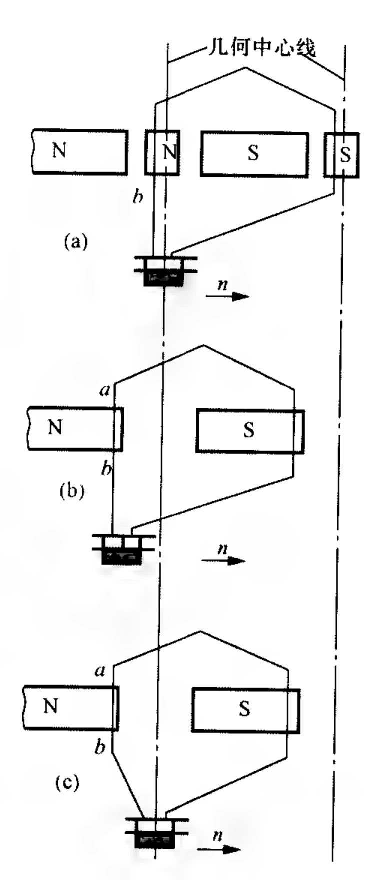


图 6-6　三种改善换向方法的比较

（a）加装换向极；（b）电刷逆旋转方向移动一个角度；（c）将电枢元件移动一个位置

第二节　交、直流单相串励电动机电枢绕组重绕工艺

一、电枢绕组

1. 概述

单相串励电动机的绕组有电枢绕组和串励绕组两种。串励绕组均为集中绕组，其绕组结构型式及绕制方法和凸极式罩极电动机定子主绕组或直流电动机励磁绕组基本相同（见第四章和第五章）。小型单相串励电动机的电枢绕组一般为鼓形、多匝元件和双层叠绕组。

双层叠绕组在第二章和第五章中已做过详细介绍，它是把槽中的两个元件边，分别放置在槽的上层和下层，但对小容量的串励电动机来说，每个槽中每层绕组有两个到三个元件的边并列（这种情况称为虚槽，详见第五章）。而每一个元件的引线接到相邻换向片上，因此其槽数和换向片数有一定倍数关系，即

$$S = K = Z_u \tag{6-1}$$

式中　S——元件数；

K——换向片数；

Z_u——槽数。

电枢绕组的节距一般采用短距元件，其优点是可以改善换向，削弱电刷下的火花。

2 极电动机的电枢绕组应为近于全节距的短距绕组，转子铁心槽通常为 7、8、9、10、11、12、13、14 等，绕组节距可由式（6-2）决定

单数槽转子绕组节距

$$y_1 = \frac{Z_2 - 1}{2} \tag{6-2}$$

双数槽转子绕组节距

$$y_1 = \frac{Z_2}{2} - 1 \tag{6-3}$$

式中　Z_2——转子总槽数。

2 极叠绕组并联支路等于 2，如图 6-7 所示，转子绕组端与换向片的连接如图 6-8 所示。

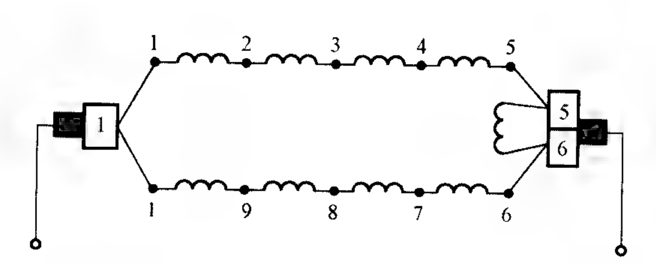


图 6-7　转子绕组两路并联电路图

2. 绕组的绕制与连接

（1）绕组的绕向。绕制电枢绕组的方法很多，有些线圈是顺时针方向绕的，如图 6-9 所示；有的线圈是逆时针方向绕的，如图 6-10 所示；有的线圈从右向左绕，有的从左向右绕制，有的线圈绕制时头或尾的引线在每个线圈左边的槽口部位，如图 6-11 所示；有的线圈引线在线圈右边的槽口部位，如图 6-12 所示；有些电枢绕组的引线在电枢的前端（即换向器的一端，现在一般小型串励电动机都采用这种方式），还有的线圈引线在电枢的后端（轴伸端，现在已很少见），这种线圈的引线如图 6-13 所示，接线时应把这些引线穿过电枢各槽，通到换向器端，再依次与换向器相接。

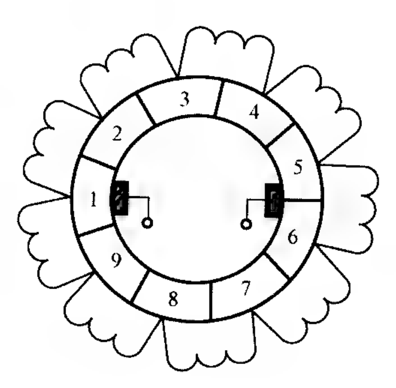


图 6-8　转子绕组端与换向片的连接图

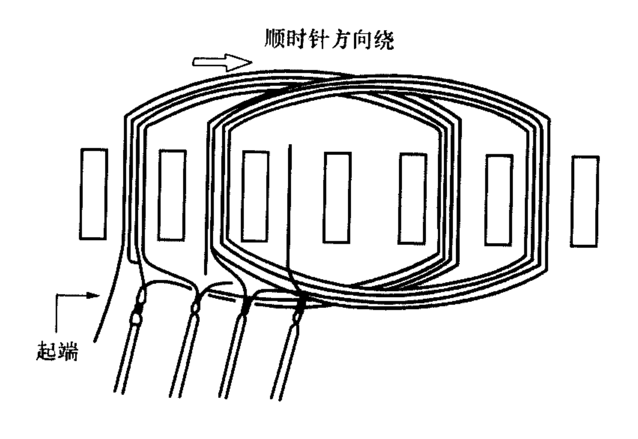


图 6-9　电枢绕组依顺时针方向绕

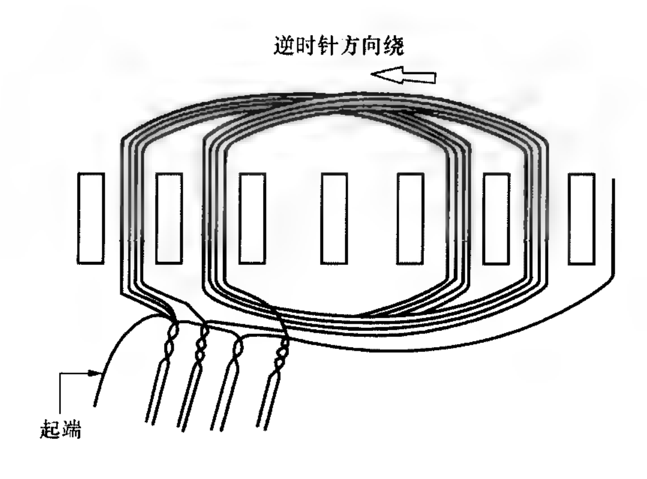


图 6-10 电枢绕组依逆时针方向绕

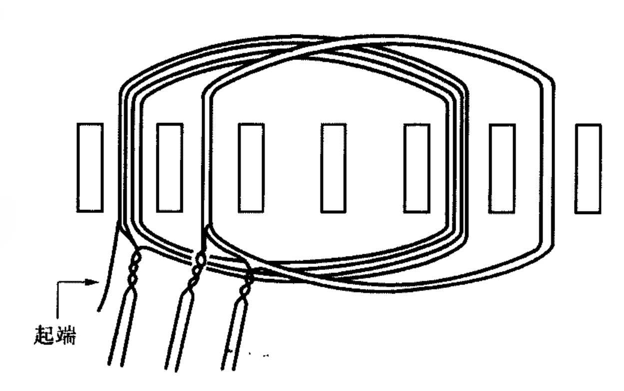


图 6-11 引线在左边的槽口

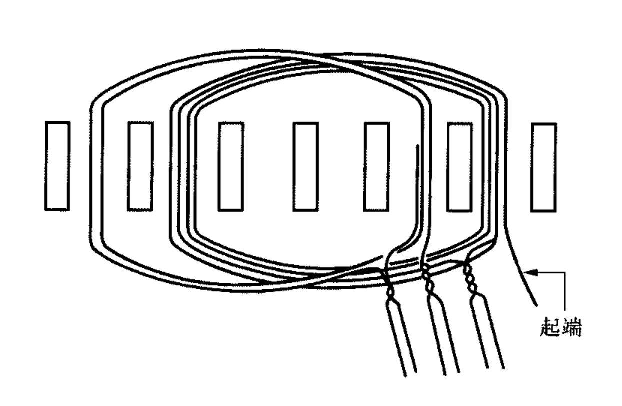
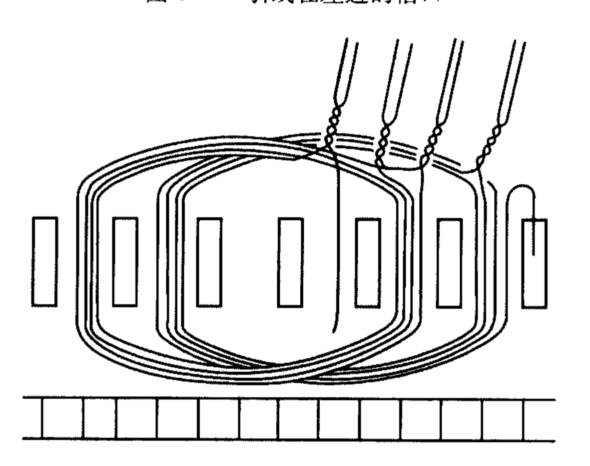


图 6-12 引线在右边的槽口


图 6-13 引线在电枢的后端

（2）换向片与引线的位置。引线到换向器焊接的位置，与电动机旋转情况的不同而不同。顺时针方向旋转的电动机，线圈的引线常接于偏右 2～3 片的换向片上；逆时针旋转的电动机，它的引线接于偏左 2～3 片的换向片上；对于可以正反转的电动机，它的引线头直接接在这个线圈所在槽中央所对的换向片上或逆着元件的缠绕方向偏移。

用单相串励电动机作动力头的电动工具，其工作部件的转向一般右旋方向转动，可用工作部件的旋转方向来确定电动机旋转方向。若齿轮箱内的齿轮数是单数，转子方向必须和工作部件的方向相反；若齿轮数是双数，电动机旋转方向则和工作部件的旋转方向相同。

在本章第一节中曾提到用移动元件到换向器焊头位置以改善换向的方法，根据本节所提到的原理，它只适于一个方向旋转的电动机，如果方向反了，不但不能改善换向，而且可能使电刷下的火花更大。

二、重绕工艺

1. 电枢绕组重绕的步骤

（1）记录数据。

（2）拆除旧绕组。

（3）绕制新绕组。

（4）线头焊接。

（5）端部绑扎。

（6）检查实验及浸漆烘干。

以上6项中，第1项可参考第五章所述方法进行，第6项可参考第七章介绍的项目和方法进行。

2. 拆除旧绕组

单相串励电动机因其转速较高，所以绝缘漆浸渍次数较多，经烘干后，非常坚固。拆除这种电动机的旧绕组不易采用火烧的方法，通常采用以下两种软化绝缘漆的方法。

（1）溶剂溶解法。在绝缘漆尚未老化的情况下，可以用以下的溶剂浸泡。其成分是：丙酮25%、酒精20%、苯55%。把电动机浸入溶剂内，待绝缘漆软化后，即可取出拆线，在浸泡时，注意切勿使换向器浸入溶剂内，以免换向器受到损坏。

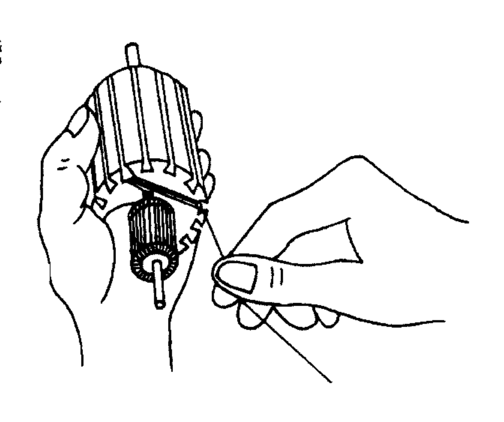
溶剂溶解的另一种方法是刷浸法。溶剂成分：丙酮50%、甲苯45%、石蜡5%。将石蜡加热融化后移开热源，再加入甲苯，最后加入丙酮搅匀即成。使用时，把转子立放在有盖的铁箱中，用毛刷将溶剂刷在绕组的两边端部和槽口上，然后加盖，待绝缘漆软化后，即可取出拆线。使用这种溶剂时，注意防火和防止苯中毒。

（2）电加热法。先用一根裸铜线把换向器全部捆扎起来，这样转子绕组的每一个元件全部短路了。然后把转子放到一个开口变压器上。将变压器通以交流电流，这时变压器线圈相当于初级绕组，转子绕组相当于变压器的次级绕组，在转子绕组中将感应出一个感应电动势，因转子每个元件都是短路的，所以会产生一个很大的短路电流，转子绕组很快发热，使绝缘软化，然后趁热将转子绕组拆除。绕组拆除的其他步骤，可参考第六章直流电机电枢绕组的拆除方法进行。

如果转子绕组用环氧树脂浸渍，目前尚无好办法使其软化，只能用锯把铜线锯断，逐槽拆除。

3. 电枢绕组的绕制

电枢绕组的绕线方法，除制造厂外，一般采用手绕法，缠绕时左手握住电枢铁心，右手拇指与食指捏住导线，如图6-14所示。将导线的起端留出一段缠在轴上，然后根据记录的线绕方向（先垫好槽绝缘），选择任何一槽为槽1，按照记录的绕组节距，绕以所需的匝数，而后将引线扭一个线结。为了使绕组绕制得紧密，在绕线时，右手应将导线拉直并适当用力（如该电动机是一个实槽三个虚槽）。再继续按原槽和绕向缠绕第二个线圈元件，绕完后再扭一个线结。绕第三个线圈元件，完后扭一个线结，开始第2槽（相邻）的三个元件的绕制，依次进行（如果电枢铁心共有9槽），直到第9槽的三个元件绕完后，那么将第9槽的第三个元件的尾和第一个槽第一个元件的头扭在一起为止。


图6-14 手绕方法

在绕制过程中，每槽的三个线结必须做好记号，不然在将引线与换向器焊接时，就容易出现绕组反接的情况。

缠绕方式有两种：一种是叠绕式，另一种是对绕式。

（1）叠绕式。现以转子槽数 $Z_2=9$、绕组节距 $y=(9-1)/2=4$（节距为1～5）为例，一个实槽等于1个虚槽（每个槽中每层只有一个元件边），其缠绕方法与以上叙述的方法相同，只是每槽元件数不同，如图6-15所示。

这种方法，缠绕比较简单，但每个线圈的端部长度不一致，因此转子绕组的两条并联支路电流不平衡，而且由于端部重量不能均匀分布，容易造成转子振动。

（2）对绕式。仍以 $Z_2=9$ 为例，如图 6-16 所示，先绕 1 号槽与 5 号槽之间的第一个线圈，然后扭一个线结，再绕 5 号槽与 9 号槽之间的第二个线圈，扭一个线结，继续绕 9 号槽与 4 号槽之间的第三个线圈和 4 号槽至 8 号槽的第四个线圈，以次类推 8～3、3～7、7～2、2～6 的次序绕下去，然后把第九个线圈的尾与第一个线圈的头扭在一起为止。

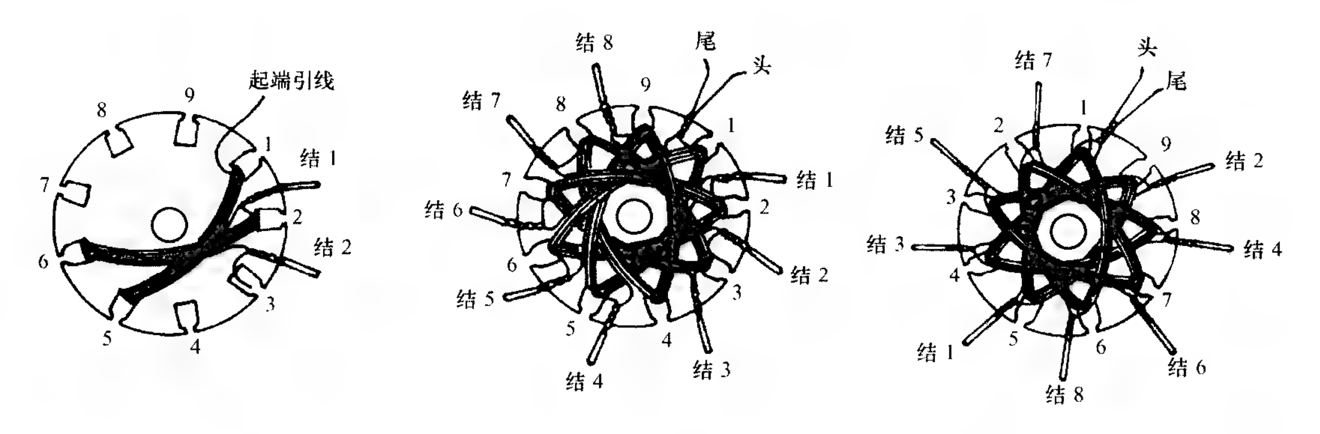


图 6-15　9 槽电枢绕组叠绕式绕线顺序　　图 6-16　9 槽电枢绕组对绕式绕线顺序

这种绕法端部长度一致，均匀平整，支路电流平衡。端部的重量平均，电动机旋转时不容易振动。其缺点是绕线及焊接引线工艺较复杂，特别是当转子为双数槽时，要特别仔细，否则容易出错。对于无法校正动平衡的修理场所，最好采用对绕式。

4. 线头的焊接

（1）与换向器的位置。线头的焊接工艺，第一步应弄清引线与换向器焊接的位置。对于槽数及换向器片数较多的电动机，更要认真仔细。

叠绕式绕组相邻的元件是依次缠绕的（不管每槽中有几个元件，只要在绕制时做好记号），一面绕线一面就将元件之间的头尾有规律的串联起来，所以线头比较有序，不易出现反接故障。但对绕式绕组两个相邻的元件不是以先后次序缠绕的，关键在于引线在槽口的位置，如果有的元件在起始槽口留出引线，而有的元件在结束槽口留出引线，整个绕组次序就乱了。

采用对绕式绕组时，每绕一个元件，可将起始元件的首端焊在相应的换向器上，其尾端空着。待所有元件都绕完以后，再用万用表或试灯找到每个元件的尾端，把它焊到相应的换向器上去。

这种方法虽然较少出现接错故障，但是先焊接起来的线头被埋在后绕元件端部的下面，看起来不醒目，且工艺上繁琐，不便于以后的修理和重绕。

（2）焊接工艺。引线整理完毕后应检查各线圈是否有短路、断路等故障，然后在线圈端部与换向器之间的空间用玻璃丝带或其他绝缘材料填满，外包一个玻璃丝漆布带的锥形套，以便使引线与绕组端部隔开，将每根引线套以适当长度的绝缘套管（注意绕线时所做的记号，可用不同颜色的套管加以区别），并将焊接处的引线绝缘漆刮除干净，以便焊接。

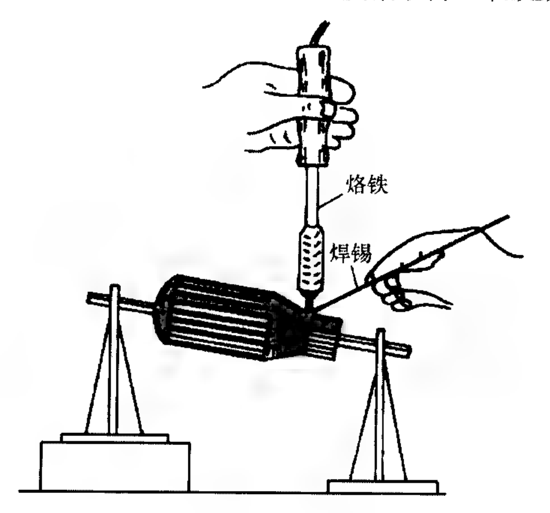


图 6-17　引线的焊接

引线刮除干净后，先将引线搪上一层锡，同时在换向器的线槽内也涂以焊剂（一般不用酸性焊剂），然后将引线用划线板压入换向器的接线槽内，将烙铁头尖端置于换向器上，如图 6-17 所示，待

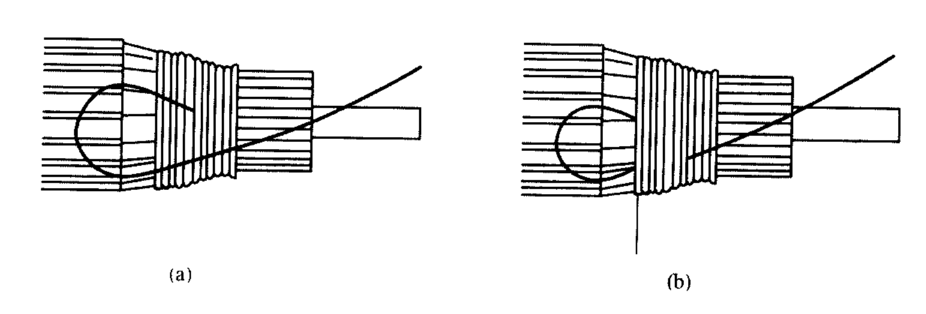
换向器上焊接处全部发热，焊剂起泡表示热度已够，将焊锡及烙铁移去，在烙铁移去之前，务使焊锡流入换向器的接线槽内，让焊锡完全流满引线周围。

焊接时，应把换向器端放低一些，以防止焊锡流入线圈内部，全部焊完后，用刀割去接线槽外伸出的多余的线头，最后将换向器片间的焊锡清除干净。

5. 端部的绑扎

单相串励电动机一般转速较高，转子离心力较大，为防止电枢在转动时引线和线圈端部飞出槽外，在靠近换向器一端的绕组端部，必须绑扎一定宽度的蜡线或弦线，线径的粗细应根据转子直径的大小而定。

绑扎的方法如图 6-18 所示，在靠近换向器的地方扎起，起端线头约留 150mm 缠绕几圈，将起端的线头压住，然后将起端线头弯成圈结，用力接紧起端。这样就把末端紧置于绑扎绳下，将末端多余部分割去即可。



(a)　　(b)

图 6-18　转子端部的绑扎方法

(a) 在起端做一个圈结；(b) 将末端的绑扎穿入圈结后拉紧

在使用一般绝缘漆浸渍或浸漆条件较差的修理部门，为了电枢绕组后端部紧固，有的转子在前端部未绑扎前，先用扎线把绕组前端部和后端部通过线槽绑扎几道，然后再用以上的方法绑扎前端部。

三、绕组展开图

电机修理的一个重要手段就是取得原始数据，这对一般电机来说并不十分困难，但对电动工具用的串励电动机来说，转子绕组多用环氧树脂浸渍，烘干后十分坚硬，拆除绕组时，须用锯、切等手段才能取出绕组。因此，其绕组元件匝数、引线位置、绕向等数据很难搞清楚。现将常用的单相串励电动机的绕组展开图和技术数据分述如下。

1. JIZ 系列电钻转子绕组展开图

【例 1】　JIZ-6 型电动机

电压等级 U —36、110、220（V）；

每槽的虚槽数 Z_u ——3；

每槽引线结数 —3 根；

绕组连接形式——右行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线逆旋转方向右移动一换向片（以线槽中心线相对的换向片或换向片间的云母槽为准）；

绕组节距 y——4 槽；

采用对绕式，缠绕顺序——1～5、5～9、9～4、4～8、8～3、3～7、7～2、2～6、6～1，绕组展开图如图 6-19 所示。

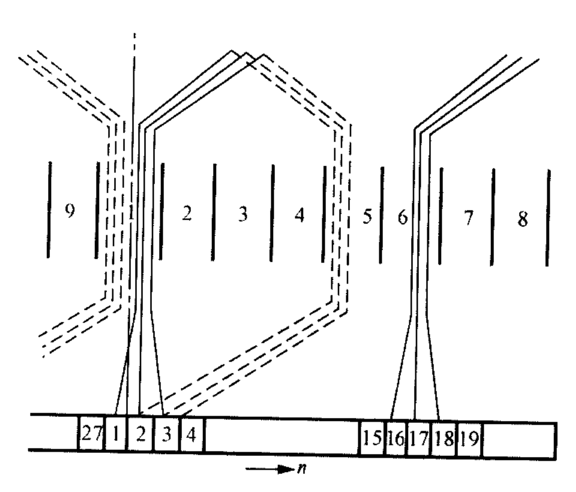


图 6-19　JIZ-6 型电动机绕组展开图

【例 2】 JIZ-10 型电动机

电压等级 U——24、36（V）；

每槽的虚槽数 Z_u——2；

每槽引线结数——2 根；

绕组连接形式——右行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线正对换向片；

绕组节距 y=5 槽；

采用对绕式，缠绕顺序 —7～12、1～6、6～11、12～5、5～10、11～4、4～9、10～3、3～8、9～2、2～7、8～1，绕组展开图如图 6-20 所示。

【例 3】 J1Z-10 型电动机

电压等级 U——110、220（V）；

每槽虚槽数 Z_u——3；

每槽引线结数——3 根；

绕组连接形式——右行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线逆旋转方向移动一片换向片；

绕组节距 y——5 槽；

采用对绕式，缠绕顺序同【例 2】，绕组展开图如图 6-21 所示。

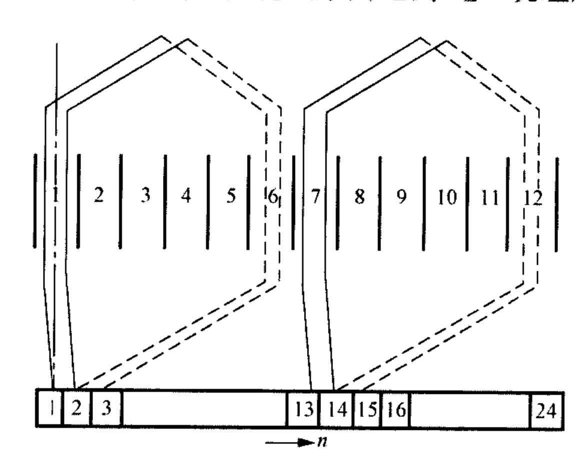


图 6-20 JIZ-10 型 24、36V 电动机绕组展开图

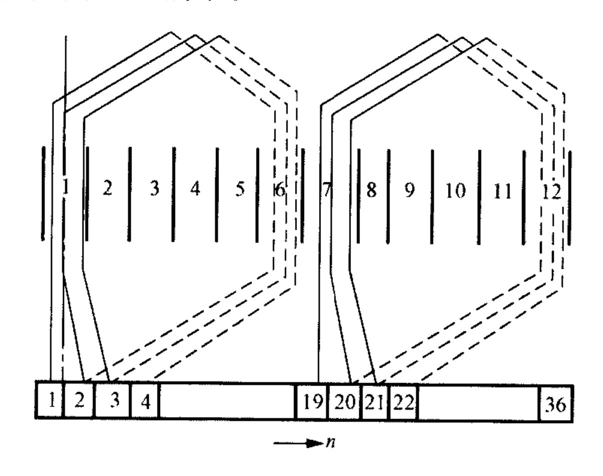


图 6-21 JIZ-10 型 110、220V 电动机绕组展开图

【例 4】 JIZ-13 型电动机

电压等级 U——36（V）；

每槽的虚槽数 Z_u——2；

每槽引线结数——2 根；

绕组连接形式——右行；

绕组节距 y——5 槽；

引线对绕式，缠绕顺序同【例 2】，绕组展开图如图 6-22 所示。

【例 5】 JIZ-13 型电动机

电压等级 U——110、220、240（V）；

每槽虚槽数 Z_u——3；

每槽引线结数——3 根；

绕组连接形式——右行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线逆旋转方向移动一片换向片；

绕组节距 y——5 槽；

采用对绕式，缠绕顺序同【例 2】，绕组展开图如图 6-23 所示。

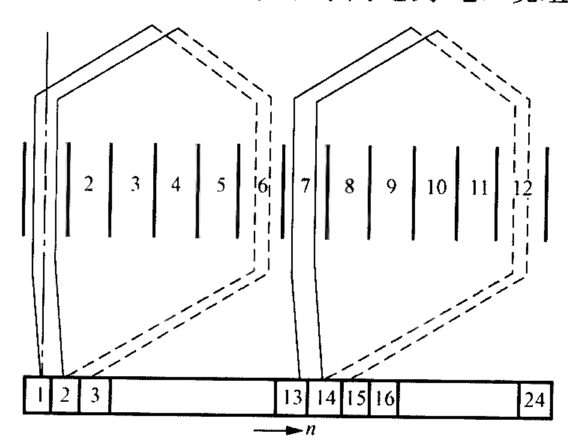


图 6-22　JIZ-13 型 36V 电动机绕组展开图

图 6-23　JIZ-13 型 110～240V 电动机绕组展开图

【例 6】　JIZ-19 型电动机

电压等级 U ——110（V）；

每槽虚槽数 Z_u——2；

每槽引线结数——2 根；

绕组连接形式——右行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线正对换向片；

绕组节距 y——6 槽；

采用对绕式，缠绕顺序——1～8、8～15、15～7、7～14、14～6、6～13、13～5、5～12、12～4、4～11、11～3、3～10、10～2、2～9、9～11，绕组展开图如图 6-24 所示。

【例 7】　JIZ-19 型电动机

电压等级 U——220（V）；

每槽虚槽数 Z_u——3；

每槽引线结数——3 根；

绕组连接形式 ——右行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线逆旋转方向移动一片换向片；

绕组节距 y——6 槽；

采用对绕式，缠绕顺序同【例 6】，绕组展开图如图 6-25 所示。

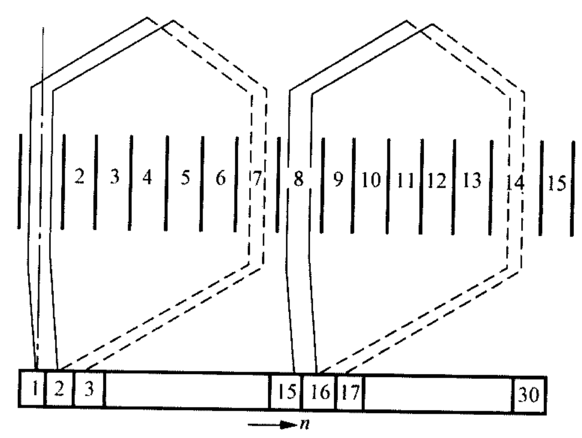


图 6-24　JIZ-19 型 110V 电动机绕组展开图

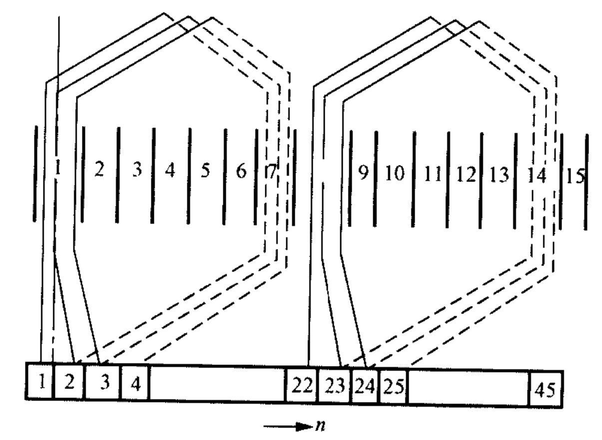


图 6-25　JIZ-19 型 220V 电动机绕组展开图

2. U 形及 SU 形串励电动机转子绕组展开图

【例 8】 U15/40-220、U15/56-220D 型电动机

电压等级 U——220（V）；

每槽虚槽数 Z_u——2；

每槽引线结数——2；

绕组连接形式——右行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线逆旋转方向移动一片换向片；

绕组节距 y——4 槽；

采用对绕式，缠绕顺序——6～10、1～5、5～9、10～4、4～8、9～3、3～7、8～2、2～6、7～1，绕组展开图如图 6-26 所示。

【例 9】 U80/50-110D、U80/50-220D 型电动机

电压等级 U——110、220（V）；

每槽虚槽数 Z_u——3；

每槽引线结数——3 根；

绕组连接形式——右行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线顺绕线方向移动 3 片换向片；

绕组节距 y——5 槽；

采用对绕式，绕线顺序同【例 2】，绕组展开图如图 6-27 所示。

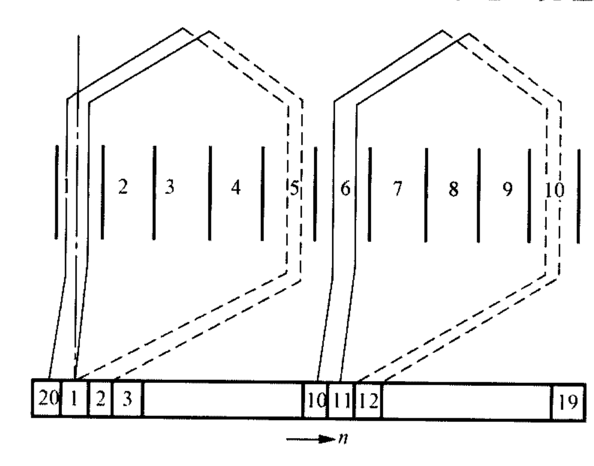


图 6-26　U15/40-220、U15/56-220D 型电动机绕组展开图

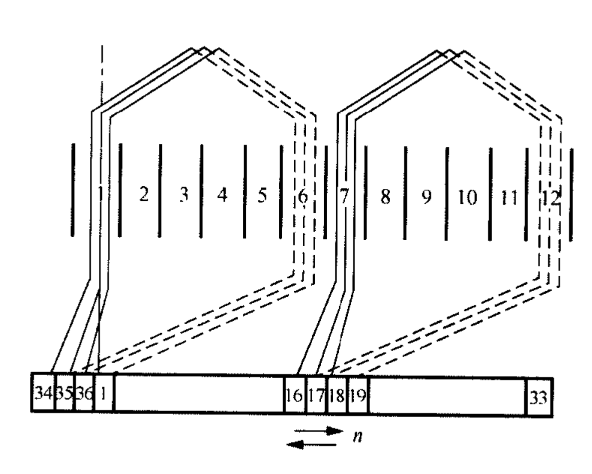


图 6-27　U80/50-110D、U80/50-220D 型电动机绕组展开图

【例 10】 U 40/36-24D、U40/36-110D 型电动机

电压等级 U——24、110（V）；

每槽虚槽数 Z_u——2；

每槽引线结数——2 根；

绕组连接形式——右行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线逆绕线方向移动 2 片换向片，

绕组节距 y——5 槽；

采用对绕式，绕线顺序同【例 2】，绕组展开图如图 6-28 所示。

【例 11】 U120/40-220 、U180/40-220 型电动机

电压等级 U——220（V）；

每槽虚槽数 Z_u——3；

每槽引线结数——3 根；

绕组连接形式——右行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线逆旋转方向移动一片换向片；

绕组节距 y——7 槽；

采用对绕式，缠绕顺序——9～16、1～8、8～15、16～7、7～14、15～6、6～13、14～5、5～12、13～4、4～11、12～3、3～10、11～2、2～9、10～1，绕组展开图如图 6-29 所示。

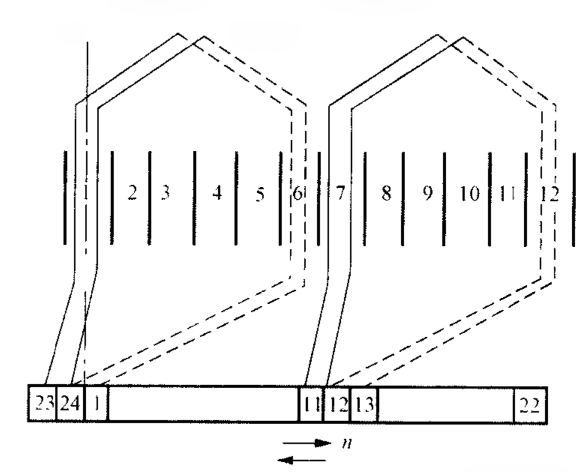


图 6-28　U10 36 21D、U10 36-110D 型电动机绕组展开图

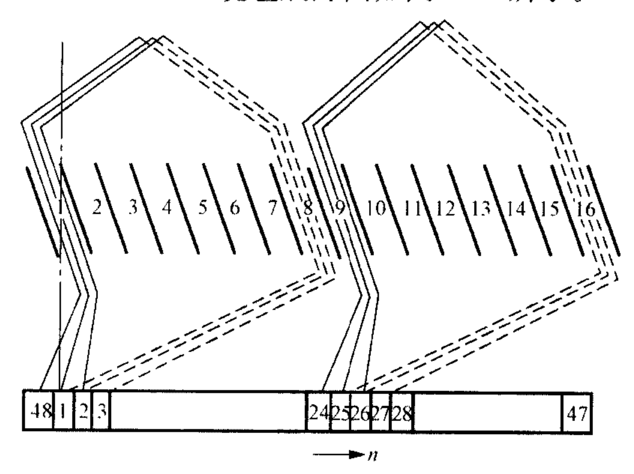


图 6-29　U120 40-220、U180/40-120 型电动机绕组展开图

【例 12】　SU-1、SU-2 型电动机

电压等级 U——交流 110、220（V）、直流 110、220（V）；

每槽虚槽数 Z_u——3；

每槽引线结数——3 根；

绕组连接形式——右行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线逆绕线方向移动 3 片换向片；

绕组节距 y——7 槽；

采用对绕式，缠绕顺序同【例 11】，绕组展开图如图 6-30 所示。

3. G 型串励电动机转子绕组展开图

【例 13】　G25/40、G30/40 型电动机

每槽虚槽数 Z_u——3；

每槽引线结数——3 根；

绕组连接形式——左行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线逆绕线方向移动一片换向片；

绕组节距 y——5 槽；

采用对绕式，缠绕顺序——反时针绕向，1～6、6～11、11～5、5～10、10～4、4～9、9～3、3～8、8～2、2～7、7～1，绕组展开图如图 6-31 所示。

【例 14】　G40/40、G60/40 型电动机

每槽虚槽数 Z_u——3；

每槽引线结数——3 根；

绕组连接形式——左行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线逆绕线方向移动一片换向片；

绕组节距 y——5 槽；

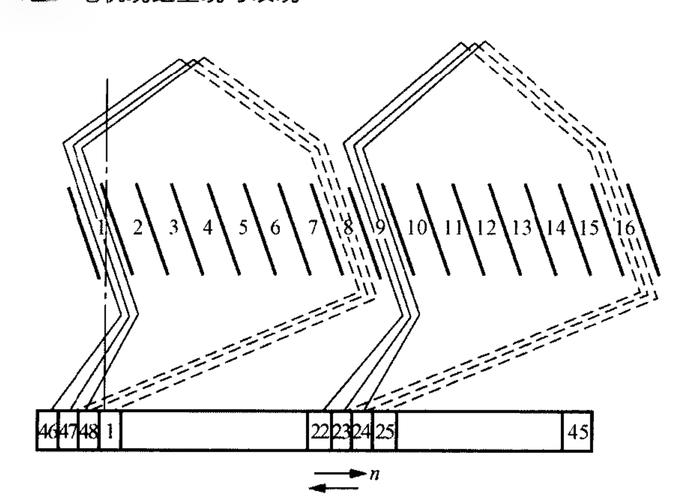


图 6-30　SU-1、SU-2 型电动机绕组展开图

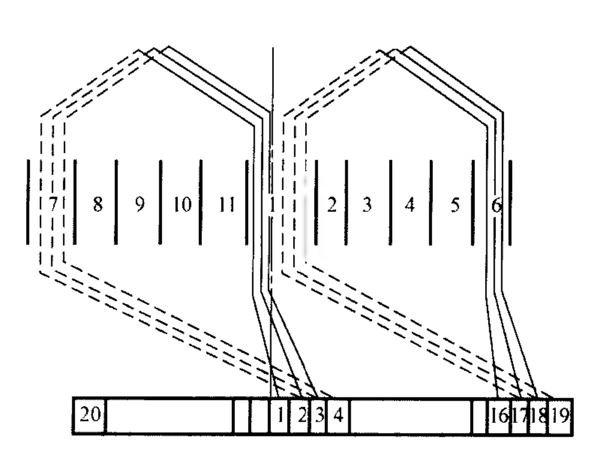


图 6-31　G25/40、G30/40 型电动机绕组展开图

采用对绕式，缠绕顺序同【例 13】，绕组展开图如图 6-32 所示。

【例 15】 G80/40、G90/40 型电动机

每槽虚槽数 Z_u——3；

每槽引线结数——3 根；

绕组连接形式——左行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线顺旋转方向移动 2 片换向片；

绕组节距 y——5 槽；

采用对绕式，缠绕顺序同【例 13】，绕组展开图如图 6-33 所示。

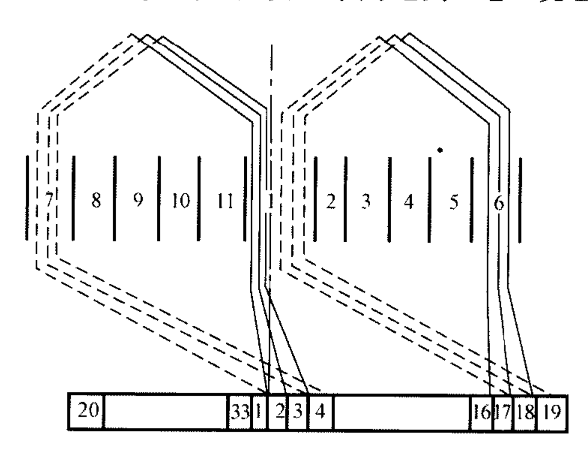


图 6-32　G40 40、G60 40 型电动机绕组展开图

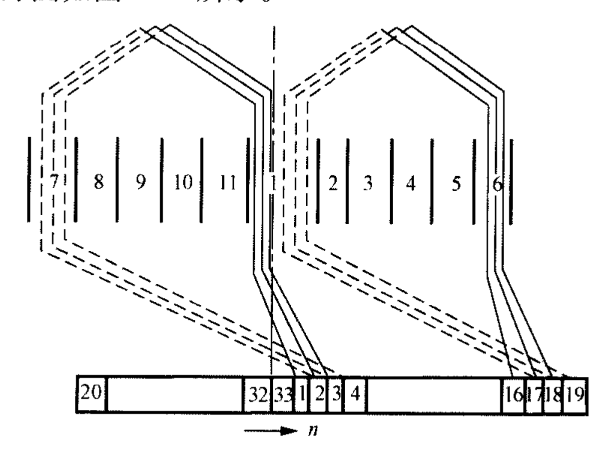


图 6-33　G80/40、G90/40 型电动机绕组展开图

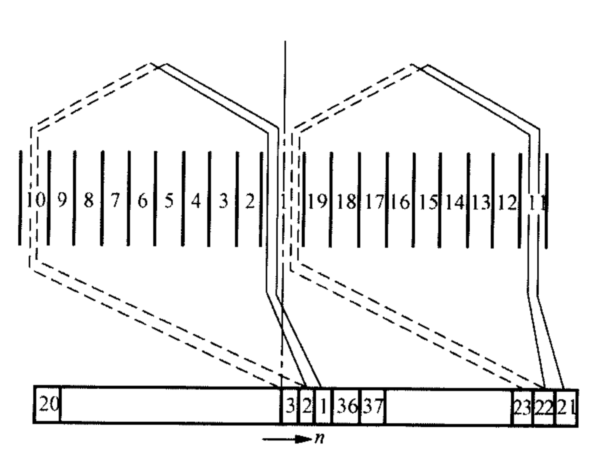


图 6-34　G120/40 型电动机绕组展开图

【例 16】　G120/40 型电动机

每槽虚槽数 Z_u——4；

每相引线结数——4 根；

绕组连接形式——左行；

引线对换向器的位置——每槽第一根引线顺旋转方向移动 3 片换向片；

绕组节距 y——9 槽；

采用对绕式，缠绕顺序——反时针绕向，1～10、10～19、19～9、9～18、18～8、8～17、17～7、7～16、16～6、6～15、15～5、5～14、

14～4、4～13、13～3、3～12、12～2、2～11、11～1，绕组展开图如图 6-34 所示。

G180/40 及 G250/40 型单相串励电动机绕组展开图如图 6-35 和图 6-36 所示。

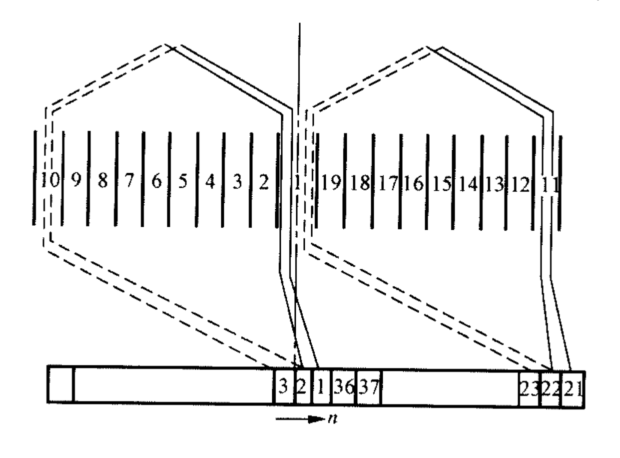


图 6-35　G180/40 型电动机绕组展开图

图 6-36　G250/40 型电动机绕组展开图

第三节　单相串励电动机铁心、绕组技术数据

一、电钻用单相串励电动机铁心、绕组技术数据

JIZ 系列电钻用电动机铁心、绕组技术数据见表 6-1。

220V 电钻电动机铁心、绕组技术数据见表 6-2。

二、电动工具用串励电动机技术数据

DT 系列电动工具用串励电动机铁心、绕组技术数据，见表 6-3。

电动工具用交直流两用串励电动机铁心、绕组技术数据，见表 6-4。

表 6-1　　JIZ 系列电钻用电动机铁心、绕组技术数据

钻头直径（mm）	型号	主要性能					结构数据					绕组数据		
		电压（V）	电流（A）	转速（r/min）	效率（%）	功率因数	定子外径（mm）	定子内径（mm）	铁心长度（mm）	气隙长度（mm）	转子槽数	定子每极匝数	转子每元件匝数	每槽导体数
6	JIZ-6	36	5.6	10 000	43	0.92	61	35.3	34	0.35	9	42	7	42
		110	2.2	13 500	48	0.92	61	35.3	34	0.35	9	128	19	114
		220	1.1	13 500	48	0.92	61	35.3	34	0.35	9	255	38	228
10	JIZ-10	24	12	9900	45	0.92	73	41	40	0.35	12	22	4.5	18
		36	7.3	9900	45	0.92	73	41	40	0.35	12	35	6.5	26
		110	2.5	10 300	50	0.94	73	41	40	0.35	12	96	13	78
		220	1.2	10 300	50	0.94	73	41	40	0.35	12	198	26	156
13	JIZ-13	36	11	7000	47	0.95	85	46.3	45	0.4	12	25	6	24
		110	4.4	10 000	55	0.95	85	46.3	45	0.4	12	95	9	54
		220	2.2	10 000	55	0.95	85	46.3	45	0.4	12	190	18	108
		240	2.1	10 000	55	0.95	85	46.3	45	0.4	12	190	20	120
19	JIZ 19	110	7.2	9000	56	0.92	102	58.7	46	0.5	15	60	9	36
		220	3.6	9000	56	0.92	102	58.7	46	0.5	15	120	12	72
23	JIZ-23	220	5.1	8100	56	0.92	102	58.7	46	0.5	15	120	12	72

续表

钻头直径（mm）	型号	绕组数据							电磁负荷			
		转子总导体数	换向器片数	实槽节距	定子线规（mm）	转子线规（mm）	定转子匝数比	转子展开图参考图号	压降系数	气隙磁密（T）	定子电密（A/mm²）	转子电密（A/mm²）
6	JIZ-6	378	27	4	2×0.55	2×0.41	0.444	图 6-19	0.658	磁密范围在（0.4～0.5T）之间	11.7	10.6
		1026	27	4	0.47	0.33	0.5	图 6-19	0.68		12.65	12.8
		2052	27	4	0.33	0.23	0.5	图 6-19	0.68		12.8	13.2
10	JIZ-10	216	24	5	3×0.69	0.41 0.69	0.406	图 6-20	0.666		10.65	11.85
		312	24	5	2×0.69	0.69	0.446	图 6-20	0.666		9.75	9.75
		936	36	5	0.55	0.38	0.41	图 6-21	0.704		10.55	11
		1872	36	5	0.38	0.27	0.123	图 6-21	0.704		10.55	10.45
13	JIZ-13	288	24	5	3×0.72	0.53 0.67	0.35	图 6-22	0.697		9	9.57
		648	36	5	0.67	0.53	0.585	图 6-23	0.735		12.4	9.9
		1296	36	5	0.51	0.38	0.586	图 6-23	0.735		10.8	9.65
		1440	36	5	0.51	0.38	0.527	图 6-23	0.735		10.3	9.2
19	JIZ-19	540	30	6	3×0.62	2×0.17	0.444	图 6-24	0.716		7.9	0.3
		1080	45	6	2×0.55	0.47	0.444	图 6-25	0.716		7.55	10.3
23	JIZ-23	1080	45	6	2×0.57	0.53	0.444	图 6-25	0.716		10	11.5

表 6-2　220V 电钻（单相串励电动机）铁心、绕组技术数据

规格（mm）	输出功率（W）	额定电流（A）	额定转速 电机钻头（r/min）	负载持续率（%）	定子											
					外径（mm）	内径（mm）	铁心长度（mm）	气隙（mm）	线径（mm）	每极匝数	绕组尺寸（mm）					
											外宽	外长	内宽	内长	厚	圆角
6	80.3	0.9	12 000/870	40	61.4 60.4	35.4	34	0.3	Q0.38	244	45.5	52	35.5	42	6	3
	80.3	0.9	12 000/870	40	60.8	35.3	34	0.35	QZ0.31	256	46	55	31	41	6	
		0.9	13 000/940	40	61.7 60.6	35.4	34	0.4	Q0.31	262	48	54	36	42	6	
10	130	1.2	10 800/540	40	73	41	40	0.35	QZ0.38	198	58	61	48	46	7	
	140	1.4	11 500/570	40	75	42.7	37	0.35	QZ0.44	170	48.5	55	36.5	43	6	
13	180	1.9	9750/390	40	84.5	46.3	45	0.4	Q0.51	180	63	74	43	54	8	4
	185	1.8	10 000/400	40	85	46.8	45	0.35	QZ0.51	150	60	70	44	52	8	4
	185	1.8	10 000/400	40	85	46.3	45	0.35	QZ0.51	150	60	70	44	53	8	
	185	1.95	10 000/400	40	84.7	46.3	45	0.425	Q0.51/0.56	164	63	74	43	54	8	4
19	330	3.0	9000/268	40	95	54	48	0.45	Q0.72	120	70	74	58	58	8	6
	440	3.6	9000/330	60	102	58.7	46	0.5	QZ0.77/0.83	100	76	72	59	55	8.5	
13	204	2.2	8500/442	60	95	50.9	41	0.3	QZ0.51	140	51	56			9	
16	240	2.5	8500/333	60	95	50.9	46	0.3	QZ0.62	140	51	62			9	

续表

规格(mm)	转子						换向器片数	电刷	
	线径(mm)	每槽导线根数	槽数	每绕组匝数	绕组型式	绕组节距		牌号	尺寸(mm)
6	QZ0.23	252	9	42	双层叠绕	1～5	27	DS-74B	6.5×4.3
	QZ0.23	252	9	42	双层叠绕	1～5	27	DS-8	6×4.3
	QZ0.23	252	9	42	双层叠绕	1～5	27	DS-83	6.5×4.3
10	QZ0.27	156	12	26	双层叠绕	1～6	36	DS-8	12×5
	QZ0.29	144	13	24	双层叠绕	1～7	39	DS-8	4×8
13	QZ0.38	132	12	22	双层叠绕	1～6	36	DS-8	12×5
	QZ-0.35	138	12	23	双层叠绕	1～6	36	DS-8	12×5
	QZ-0.35	138	12	23	双层叠绕	1～6	36	DS-8	12×5
	QZ-0.35	138	12	23	双层叠绕	1～6	36	DS-14	12×5
19	QZ 0.51	84	15	14	双层叠绕	1～7	44	DS-74B	15.5×5
	QZ 0.47	72	15	12	双层叠绕	1～7	45	DS-8	16×5
13	QZ-0.35	120	13	20	双层叠绕	1～7	39	DS-8 或 DS-14	12×5
16	QZ 0.41	102	13	17	双层叠绕	1-7	39	DS-8 或 DS-14	12×5

表 6-3　　DT 系列电动工具用串励电动机铁心、绕组技术数据

定子冲片外径(mm)	型号	主要性能						结构数据						绕组数据		
		输出功率(W)	电流(A)	转矩(kg·cm)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	定子外径(mm)	转子外径(mm)	铁心长度(mm)	气隙长度(mm)	转子槽数	极弧系数	定子每极匝数	转子每元件匝数	转子每槽导体数
50	DT21	60	0.679	0.418	14 000	41	0.98	50	28.3	28	0.35	9	0.667	323	50	300
	DT22	90	0.879	0.626		48	0.97	50	28.3	34	0.35	9		286	41	246
	DT23	120	1.07	0.836		25	0.97	50	28.3	42	0.35	9		239	33	198
	DT23S	120	1.07	0.836		52.5	0.97	50	28.1	42	0.45	9		222	33	198
56	DT31	120	1.073	0.9	13 000	53	0.96	56	30.3	38	0.35	9	0.667	237	36	216
	DT32	150	1.232	1.125		57	0.96	56	30.3	42	0.35	9		218	32	192
	DT31S	120	1.05	0.9		53.5	0.97	56	30.1	38	0.45	9		224	36	216
62	DT41	150	1.242	1.218	12 000	57	0.965	62	34.2	32	0.4	9	0.667	252	37	222
	DT42	180	1.421	1.462		60	0.96	62	34.2	36	0.4	9		227	33	198
	DT42S	180	1.403	1.462		60	0.97	62	34	36	0.5	9		224	33	198
71	DT51	210	1.569	1.86	11 000	61	0.95	71	38.1	38	0.45	11	0.667	191	24	144
	DT52	250	1.95	2.215		62.7	0.93	71	38.1	44	0.45	11		167	21	126
	DT51S	210	1.52	1.86		62	0.965	71	37.8	38	0.6	11		197	24	144

续表

定子冲片外径(mm)	型号	主要性能						结构数据						绕组数据		
		输出功率(W)	电流(A)	转矩(kg·cm)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	定子外径(mm)	转子外径(mm)	铁心长度(mm)	气隙长度(mm)	转子槽数	极弧系数	定子每极匝数	转子每元件匝数	转子每槽导体数
80	DT61	300	2.318	2.925	10 000	64	0.92	80	44	38	0.5	11	0.667	168	22	132
	DT62	350	2.62	3.41		66	0.92	80	44	42	0.5	11		154	20	120
	DT61S	300	2.3	2.925		64.5	0.92	80	43.7	38	0.65	11		165	22	132
90	DT71	400	3.03	4.33	9000	66	0.91	90	49.8	44	0.6	19	0.684	144	16	64
	DT72	500	3.72	5.41		68	0.90	90	49.8	52	0.6	19		133	13	52
	DT71S	400	3.06	4.33		65.5	0.91	90	49.5	44	0.75	19		144	16	64
102	DT81	600	4.44	7.31	8000	69	0.89	102	56.6	48	0.7	19	0.684	116	14	56
	DT82	800	5.95	9.75		71	0.87	102	56.6	64	0.7	19		96	10	40
	DT81S	600	4.39	7.31		69	0.9	102	56.3	48	0.85	19		112	14	56

定子冲片外径(mm)	型号	绕组数据							电磁负荷					
		转子总导体数	元件数或换向器片数	实槽节距	定子线规(mm)	转子线规(mm)	槽满率(%)	定转子匝数比 $\frac{4W_1^*}{N}$	气隙磁密(T)	定子电密(A/mm²)	转子电密(A/mm²)	线负荷	热负荷	压降系数
50	DT21	2700	27	4	0.27	0.18	71.2	0.478	0.387	13.06	14.8	113.4	1667	0.69
	DT22	2214	27	4	0.31	0.21	75.4	0.517	0.392 5	12.82	13.98	120.2	1680	0.718
	DT23	1782	27	4	0.33	0.23	76	0.538	0.395	13.78	14.2	118	1675	0.74
	DT23S	1782	27	4	0.33	0.23	76	0.498	0.402 3	13.78	14.2	119	1690	0.74
56	DT31	1944	27	4	0.33	0.23	75.2	0.487	0.406	13.8	14.2	120.5	1711	0.734
	DT32	1728	27	4	0.38	0.25	76.8	0.504	0.415	12.26	14.11	125.8	1775	0.745
	DT31S	1944	27	4	0.33	0.23	75.2	0.461	0.418	13.5	13.92	120.5	1655	0.744
62	DT41	1998	27	4	0.38	0.25	74.2	0.505	0.443	12.05	13.89	127.3	1485	0.757
	DT42	1782	27	4	0.41	0.27	75.2	0.51	0.445	11.82	13.65	129.5	1768	0.768
	DT42S	1782	27	462	0.41	0.27	75.3	0.504	0.461	11.71	13.5	129	1742	0.775
71	DT51	1584	33	5	0.47	0.31	72.5	0.482	0.482	10.45	12	120	1440	0.765
	DT52	1386	33	5	0.49	0.35	70.7	0.482	0.486	11.4	12.52	124.2	1556	0.756
	DT51S	1584	33	5	0.47	0.31	72.5	0.498	0.494	10.14	11.64	117	1362	0.78
80	DT61	1452	33	5	0.55	0.38	68	0.463	0.49	10.76	11.29	134	1510	0.754
	DT62	1320	33	5	0.57	0.41	70.3	0.466	0.493	11.3	10.9	137.5	1500	0.764
	DT61S	1452	33	5	0.55	0.38	67.8	0.454	0.502 5	10.65	11.18	133.5	1493	0.756

续表

定子冲片外径(mm)	型号	绕组数据							电磁负荷					
		转子总导体数	元件数或换向器片数	实槽节距	定子线规(mm)	转子线规(mm)	槽满率(%)	定转子匝数比 $\frac{4W_1^*}{N}$	气隙磁密(T)	定子电密(A/mm^2)	转子电密(A/mm^2)	线负荷	热负荷	压降系数
90	DT71	1216	38	9	0.62	0.44	70.8	0.474	0.486	11.05	10.9	129.5	1410	0.755
	DT72	988	38	9	2×0.49	0.49	69.5	0.54	0.501	10.86	10.86	129	1401	0.755
	DT71S	1216	38	9	0.62	0.44	70.8	0.474	0.506	11.75	11.08	132	1459	0.753
102	DT81	1064	38	9	2×0.55	0.57	70.4	0.435	0.498	10.31	9.58	146.5	1403	0.751
	DT82	760	38	9	2×0.62	2×0.47	69	0.505	0.512 5	10.78	9.38	138.5	1300	0.744
	DT81S	1064	38	9	2×0.55	0.57	70.4	0.421	0.517	10.2	9.48	145.5	1380	0.76

* W_1—定子每极匝数；N—转子总导体数。

表 6-4　电动工具用交直流两用串励电动机铁心、绕组技术数据

定子冲片外径(mm)	主要性能					结构数据						转子绕组展开图参考图号
	输出功率(W)	电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	定子外径(mm)	定子内径(mm)	铁心长度(mm)	磁极宽度(mm)	气隙长度(mm)	转子槽数	
ϕ56	140	1	14 000	60	0.965	56	31	38	24	0.35	9	图 5-19
	204	1.57	14 300	62.3	0.952	56	31	50	24	0.35	9	
ϕ71	275	2.1	12 100	63.8	0.939	71	39	44	31	0.45	11	图 5-21
	385	2.71	13 200	68	0.955	71	39	52	31	0.45	11	
ϕ90	550	4.1	9900	68.2	0.917	90	51	52	38	0.6	19	
	770	5.42	13 200	69	0.936	90	51	52	38	0.6	19	
	1250	8.05	12 500	75	0.94	90	51	76	38	0.6	19	

定子冲片外径(mm)	绕组数据									电磁负荷				
	定子每极匝数 W_1	转子每元件匝数	转子总导体数 N	元件数或换向器片数	实槽节距	定子线规(mm)	转子线规(mm)	槽满率(%)	定转子匝数比 $\frac{4W_1}{N}$	气隙磁密(T)	定子极身磁密(T)	定子电密(A/mm^2)	转子电密(A/mm^2)	压降系数
ϕ56	247	36	1944	27	4	0.33	0.23	78.5	0.507	0.432	0.647	12.85	13.25	0.772
	197	27	1458	27	4	0.38	0.27	76.8	0.54	0.428	0.641	13.9	13.72	0.772
ϕ71	185	20	1320	33	5	0.49	0.33		0.56	0.511	0.746	11.18	12.3	0.764
	138	17	1122	33	5	0.55	0.38		0.492	0.494	0.721	11.41	12	0.802
ϕ90	134	13	988	38	9	2×0.49	0.49		0.54	0.517	0.825	10.86	10.86	0.771
	116	10	760	38	9	2×0.55	0.57		0.61	0.534	0.853	11.5	10.6	0.79
	80	8	608	38	9	2×0.64	0.64		0.526	0.536	0.842	12.56	12.53	0.822

三、U、SU 型单相串励电动机铁心、绕组技术数据

U 型单相串励电动机铁心、绕组技术数据，见表 6-5。

SU 型交直流两用串励电动机铁心、绕组技术数据，见表 6-6。

表 6-5 U型单相串励电动机铁心、绕组技术数据

型号	主要性能			结构数据					绕组数据									
	功率(W)	电压(V)	转速(r/min)	定子外径(mm)	定子内径(mm)	铁心长度(mm)	气隙长度(mm)	转子槽数	定子每极匝数 W_1	转子每元件匝数	转子每槽导体数	转子总导体数 N	元件数或换向器片数	实槽节距	定子线规(mm)	转子线规(mm)	定转子匝数比 $\frac{4W_1}{N}$	转子绕组展开图参考图号
U15/40-220	15	220	4000	65	33.5	36	0.45	10	740	110	140	4400	20	4	0.2	0.15	0.672	图6-26
U15/56-220D	15	220	5600	55	29	22	0.35	10	600	110	440	4400	20	4	0.19	0.13	0.545	图6-26
U30/40-220	30	220	4000	84	45.3	25	0.45	12	575	62	372	4464	36	5	0.25	0.18	0.515	图6-21
U40/36-24D	40	24	3600	84	45.3	38	0.45	12	76	7	28	336	24	5	0.86	0.64	0.905	图6-28
U40/36-110D	40	110	3600	84	45.3	38	0.45	12	350	34	136	1632	24	5	0.41	0.33	0.856	图6-28
U55/45-220D	55	220	4500	84	45.3	38	0.45	12	360	50	200	2400	24	5	0.38	0.25	0.6	
U80/50-110D	80	110	5000	84	45.3	60	0.45	12	220	13	78	936	36	5	0.49	0.41	0.94	图6-29
U80/50-220D	80	220	5000	84	45.3	60	0.45	12	435	27	162	1944	36	5	0.35	0.29	0.895	图6-27
U120/40-220	120	220	4000	94	51.6	60	0.55	16	220	23	138	2208	48	7	0.44	0.31	0.4	图6-29
U180/40-220	180	220	4000	94	51.6	75	0.55	16	160	20	120	1920	48	7	0.53	0.35	0.334	图6-29

表 6-6 SU型交直流两用串励电动机铁心、绕组技术数据

型号	主要性能								结构数据					绕组数据											
	电压(V)		输出功率(W)		转矩(g·cm)		转速(r/min)	轴伸数	定子外径	定子内径	铁心长度	气隙长度	转子长度	定子磁极交流匝数	定子磁极直流增加匝数	定子磁极总匝数	转子每元件匝数	转子每槽导体数	转子总导体数	元件数或换向器片数	实槽节距	转子线规(mm)	定子线规(mm)		转子绕组展开图参考图
	交流	直流	交流	直流	交流	直流			(mm)														交流	直流	
SU-1	110	100	80	100	3100	3900	2500	1	94	51.6	60	0.55	160	111	209	320	12	72	1152	48	7	0.47	0.6	0.49	图6-30
SU-1C								2																	
SU-2	220	220						1						219	441	660	25	150	2400			0.33	0.44	0.35	
SU-2C								2																	



第七章

电机浸漆烘干与试验

第一节　浸 漆 与 烘 干

电机绕组经过大修后，要进行浸漆绝缘处理，使绝缘漆浸透到绝缘材料以及导线之间，并在表面形成漆膜，从而提高绕组绝缘质量。

一、浸漆与烘干的作用

1. 提高绕组的耐潮性

在浸漆过程中，绝缘漆将纤维材料的毛细管及缝隙填满，并在表面形成一层光滑的漆膜，使水分和潮气不易进入，因而提高了耐潮性能。浸漆次数越多，防潮性能越好。

2. 改善散热条件

电机绕组的使用寿命与绕组的温升有关。经过浸漆处理的绕组内部以及绕组和铁心之间的空隙被绝缘漆填满，传导热量的能力比空气大很多，热量能比较容易地散发出去，改善了电机的散热条件。

3. 增加机械强度

因为导线中通过电流时会受到电磁力，尤其是鼠笼式异步电动机，起动电流很大，电磁力使导线发生振动，时间长了，导线绝缘很可能被擦伤，发生短路或接地等故障。经浸漆处理后，使疏散的导线胶合成一个结实的整体，加固了绕组端部的机械强度。此外，绝缘漆使绕组端部比较光滑，铁屑油污不易进入线圈内部。

4. 提高绕组的电气绝缘强度

绝缘层内部空隙为绝缘漆所填满，烘干后有良好的耐电性能，提高了绕组绝缘的电气性能。

二、浸漆与烘干的工艺要求

1. 预烘

预烘主要是蒸发潮气增加漆的流动性，从而使漆浸得更好。预烘时将整形包扎好的定子绕组或转子放在烘箱或者供房内，A级绝缘材料温度保持在105～115℃，E级绝缘材料温度保持在120～135℃，预烘时间4～6h，测得绝缘电阻在30～50MΩ，方可进行第一次浸漆。

预烘时温度要逐渐增加，以便于潮气散发。如果加热太快，内外层温差大，表面水分很快蒸发，使潮气由外往内扩散，内部水分反而不易散出。一般升温速度不大于20～30℃/h。并且在预烘初期要不断地吹入冷风来换气，以换掉箱内水分较多的热空气，预烘后期要少换气，以保持炉温。预烘时要每隔1h测绝缘电阻一次，待绝缘电阻稳定后，方可浸漆。

2. 第一次浸漆

将预烘的电机绕组冷却至60～80℃，放入漆桶中浸漆（或浇灌也行），漆面要求高出绕组10～20cm。漆的黏度不要太大，也不要太小。浸漆时要防止水分、灰尘、炭屑及其他杂物附着到绕组上，要严禁烟火。浸漆时间约为15min，直至浸透为止。

第一次浸漆主要是为填充空隙，所用漆的黏度要稀一点，一般黏度为18～22s。

3. 滴漆

将电机定子（或转子）提出漆桶，垂直放置，滴去多余的漆，滴漆时间不少于30min。

4. 第一次烘干

把经过滴漆处理的电机放入烘箱和烘房，进行第一次烘干，开始时温度要保持在60～70℃，0.5h后换一次气，以加速漆的溶剂挥发和氧化。换气后再烘3h后，温度开始升高。对于A级绝缘材料的电机绕组温度升高到115～125℃；对于E级和B级绝缘的电机温度升高到125～135℃。6～10h后，在炉内测定的绝缘电阻保持在2MΩ以上才能结束第一次烘干。

5. 第二次浸漆

第二次浸漆的目的是增加漆膜厚度，绕组温度仍要冷却到60～70℃，浸漆时间可以短一些，直到不冒泡为直。漆的黏度应比第一次用法大一些，一般黏度为30～35s。

6. 第二次滴漆

第二次滴漆的工艺同第一次滴漆。

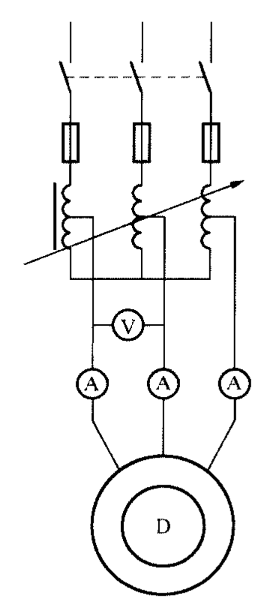


图7-1 用调压器进行电流加热法干燥电机

7. 第二次烘干

烘干房的温度可与第一次相同，烘干时间应为11～14h。在炉温下测定的稳定绝缘电阻达1MΩ以上时，烘干结束。

在处理E、B级绝缘的电机时，也可以实行一次浸漆工艺，所用漆的黏度为35～38s。

使用1032绝缘漆，在烘干后要趁热用刀刮去不需要浸漆部位的漆。转子（指绕线式电机）在浸漆烘干时，要立着放置，防止漆向一侧流淌，造成不平衡。

以上介绍的是比较通用的浸漆和烘干方法，具体实施时，还要根据电机的实际情况和具备的条件决定。

三、烘干方法

电机绕组的干燥方法有内部加热和外部加热两种。

1. 内部加热法

内部加热法就是电流烘干法，也称短路烘干法。在烘干时，将电机定子、转子拆开，抽出转子，对于三相异步电动机，可把三相低压交流电通入定子绕组中，电压为电动机额定电压的7%～15%，绕组电流调节到额定电流，如图7-1所示。

如没有三相低压电源，可采用单相220V交流电压，或采用电焊机做电源。电流的大小控制在电动机额定电流的60%，用变阻器或改变绕组的串、并联方式（如采用电焊机，可直接用摇把调节）调节。对于功率较大的电机，亦可采用盐水变阻器（但要防止触电），其接线如图7-2所示。

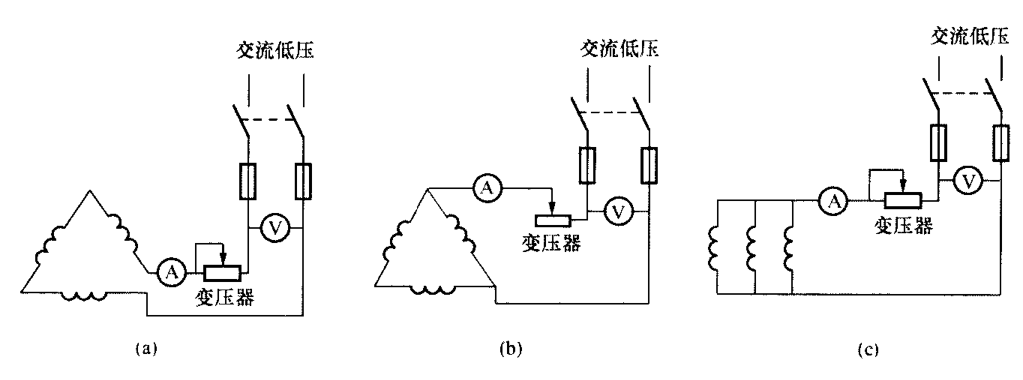


图7-2 用单相电源加热干燥电机

(a) 大、中型电动机串联干燥法；(b) 小型电动机串、并联干燥法；(c) 小型电动机并联干燥法

对绕线式转子异步电动机，首先把转子集电环上的电刷引线接到盐水变阻器，使转子堵转；在定子三相绕组通以三相低压交流电（约为电动机额定电压的 20%），或者三相绕组串联通以单相 220V 交流电，电流控制在电动机额定电流的 60%左右，其接线图如图 7-3 所示。

对于被水浸过或绝缘电阻很小的电机，不得用电流干燥法。

对直流电机的励磁绕组，可在励磁绕组内通入 50%～80%额定励磁电流，并用压降法监视励磁绕组温度，使其不得超过绝缘等级的 90%。

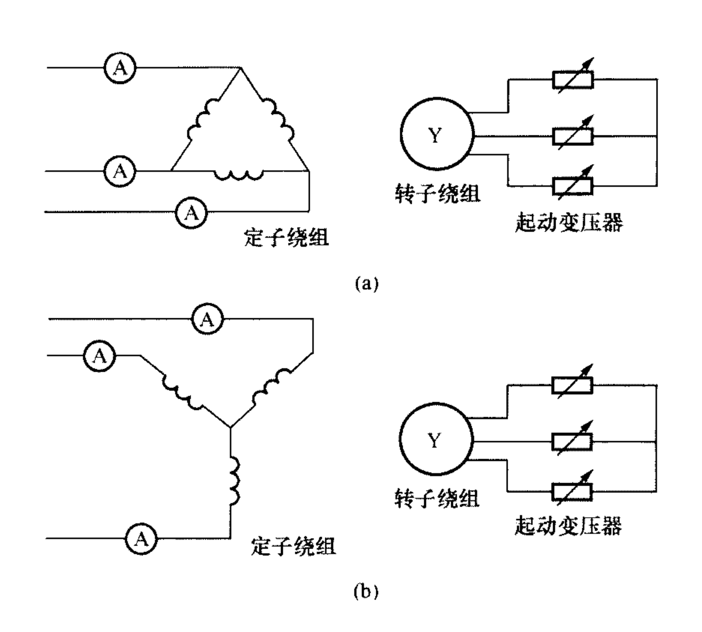


图 7-3　绕线式转子异步电动机干燥法

（a）定子为△接法的接线；

（b）定子为 Y 接法的接线

2. 外部加热法

外部加热法很多，其加热设备也多种多样，采取什么加热方法可根据条件选择。

（1）房烘干法。烘房通常用耐火砖砌成，它有内外两层，中间填隔热材料（如石棉粉、硅藻土等）以减少热损失。在房内的墙壁上安放电阻丝或远红外加热元件作为发热器，使房内获得一定温度，其温度可采用手动调节或是自动调节。电机绝缘漆容易燃烧，加热器不能裸露在烘房内。烘房的大小可根据修理电机的大小和数量来决定，烘房的结构如图 7-4 所示。

烘干的温度，可根据前述的浸漆和烘干的工艺要求的规定调节。

（2）灯泡干燥法。对于容量较小的电机，可用红外线灯泡或一般白炽灯泡，使灯光直接照射到电动机绕组上，产生热量，用以烘干绕组。烘干温度可以通过改变灯泡数量或灯泡瓦数来控制，灯泡烘箱如图 7-5 所示。

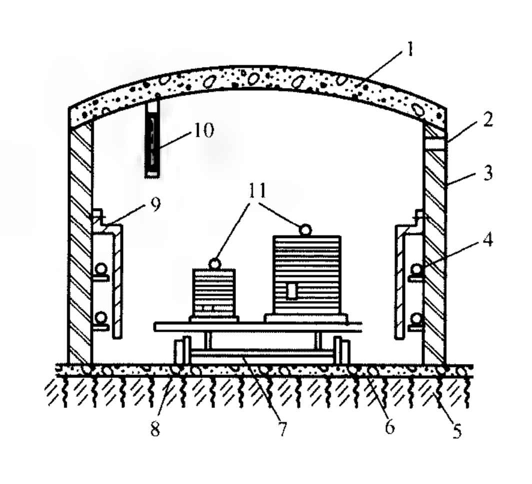


图 7-4　烘房

1—水泥；2—出气孔；3—砖墙加石棉板；4—电炉丝；5—三合土；6—水泥；7—车轴；8—钢轨；9—钢板；10—温度计；11—定子

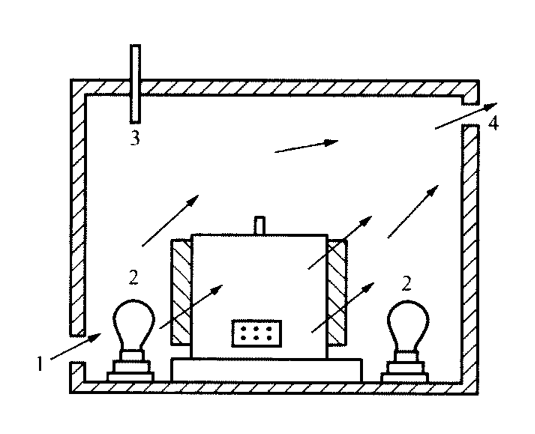


图 7-5　灯泡烘箱

1—进气孔；2—灯泡；3—温度计；4—出气孔

第二节 电 机 试 验

一、异步电动机试验

经过修理的电动机必须进行一些必要的试验，检查质量是否符合要求。异步电动机的试验分检查试验和型式试验两种。型式试验是制造厂对每一种新产品按标准规定进行全面试验，以验证设计和工艺上的技术问题，确定新产品是否符合有关标准。检查试验是检查制造厂的成品和修理后的电动机质量。异步电动机的试验项目见表 7-1。

表 7-1 异步电动机的试验项目

序号	型式试验项目	检查试验项目
1	绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定	绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定
2	绕组在实际冷状态下直流电阻测定①	绕组在实际冷状态下直流电阻测定①
3	转子开路电压的测定	转子开路电压的测定
4	空载试验	空载试验
5	堵转试验（短路试验）	堵转试验（短路试验）
6	温升试验	—
7	负载试验（效率、功率因数及转差率的测定）	—
8	最大转矩的测定	—
9	短时过转矩试验	
10	起动过程中最小转矩的测定②	—
11	超速试验	超速试验
12	绕组对机壳及绕组相互间绝绝缘介电强度试验	绕组对机壳及绕组相互间绝缘介电强度试验
13	绕组匝间绝缘介电强度试验	绕组匝间绝缘介电强度试验

① 仅对绕线型转子的电动机

② 仅对鼠笼型转子的电动机。

1. 一般检查

试验前先检查电动机的装配质量，如外形是否完整，出线端连接是否正确，装配紧固情况，出线标记是否正确，转子转动是否灵活。绕线型电机应检查电刷、刷架及集电环的装配质量，以及电刷与集电环的接触是否良好。封闭自冷式电动机应检查排风系统，电动机轴伸径向偏摆及振动等情况。对于轴转动时的径向偏摆应不超过规定允许值，见表 7-2。

表 7-2 轴转动时的径向偏摆允许值

轴伸直径（mm）	允许偏差（mm）	轴伸直径（mm）	允许偏差（mm）
6～10	0.025	>50～80	0.060
10～18	0.30	>80～120	0.080
>18～30	0.040	>120～180	0.100
>30～50	0.050		

2. 绝缘电阻的测定

绝缘电阻分为热态和冷态两种。对修理和出厂检查的电动机，一般只测各相绕组对地、相与相之间的冷态（常温）绝缘电阻，绕线式电动机还应测量转子绕组的绝缘电阻。多速多绕组

的电动机应对各绕组的绝缘电阻进行分别逐个测量。

绝缘电阻一般使用绝缘电阻表测量；对于额定电压500V以下的电动机，一般采用500V绝缘电阻表；500～3000V之间的电动机用1000V绝缘电阻表；3000V以上的电动机用2500V绝缘电阻表。对于500V以下的电动机的阻值不应低于0.5MΩ，低于此值的电动机不得进行高压试验；对全部更换绕组的电动机不应低于5MΩ。热态绝缘电阻的测定属型式试验范畴。

大型电动机可通过测量绝缘电阻来判断绕组是否受潮，其吸收比系数R_{60}/R_{15}应不小于1.3，其中R_{60}、R_{15}分别表示绝缘电阻表摇60s、15s时的绝缘电阻。

3. 直流电阻的测定

测量电动机绕组的直流电阻一般在冷态下进行。测量时，视电动机的功率大小，分为高电阻与低电阻。电阻在10Ω以上为高电阻；10Ω以下为低电阻。高电阻可用万用表测量；10Ω以下的可用单臂电桥；1Ω以下的应用双臂电桥。

每台电动机应测量3次，取其平均值。测量时接触应该良好，各相电阻应用同一仪表测量。

测量电阻时，应注意绕组温度．然后按式（7-1）换算为15℃时的标准电阻值

$$R_{15}=\frac{R_t}{1+\alpha(t+15)} \tag{7-1}$$

式中　R_{15} —绕组在15℃时的电阻值；

R_t — 绕组在t℃（测量时的温度）时的电阻值；

α——导线的温度系数，铜$\alpha=0.004$；铝$\alpha=0.003\ 85$；

t -测量电阻时的绕组温度。

所测各相电阻值之间的误差与三相平均值之比不得大于5%，即

$$\frac{R_{max}-R_{min}}{R_{av}}\leqslant 5\% \tag{7-2}$$

$$R_{av}=\frac{R_A+R_B+R_C}{3}(\Omega) \tag{7-3}$$

如果电阻值相差过大，则表示绕组中有短路、断路、焊接头接触不良或绕组匝数不对，若三相电阻均超出现定范围，说明绕组导线使用不当。

4. 耐压试验

绝缘电阻高并不表示该电动机绝缘性能好，绝缘老化或绝缘虽受机械损伤但导线之间或导线与铁心之间还没有形成短路时，用绝缘电阻表测量绝缘电阻值仍可能很高，这种故障可经耐压试验发现。

所谓耐压是指电动机绕组相与相、相与地经过绝缘物质绝缘后，能承受一定的电压而不击穿。

试验电压为交流，频率为50Hz的高压交流电，试验线路如图7-6所示。T1为调压器；T2为1∶30升压变压器，也可利用同样变比的电压互感器；电压表接在低压侧，但应将表盘按变比标成高压刻度，以便读数；T3供指示灯电源。试验时，合上开关K，电路接通，指示灯HL2亮，调节T2使升压变压器二次侧得

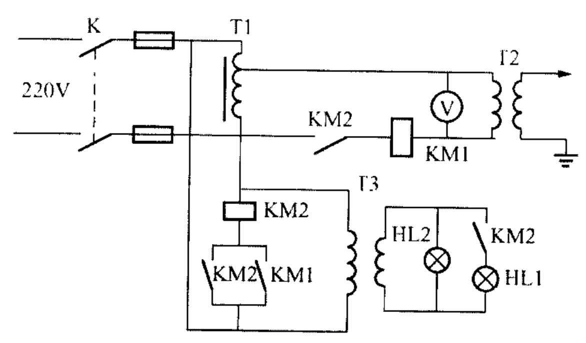


图7-6　绝缘耐压试验线路

到所需要的高压；如绝缘不击穿，过电流继电器 KM1 不动作；如绝缘击穿，KM1 动作，接通中间继电器 KM2，切断升压变压器一次侧回路，同时 KM2 的常开触点闭合，接通指示灯 HL1（红），作为告警。

试验时，当电压升到半值后，应徐徐升至全压值，一般不少于 10s，以免受冲击电压的影响。然后保持 1min，再降至半值以下切断电源。

绕组承受的耐压值与电动机的额定功率和额定电压有关。1kW 以下的电动机或额定电压不超过 36V 的电动机，其耐压试验的电压为 500V 加 2 倍额定电压；1kW 以上的电动机，其耐压试验的电压为 1000V 加 2 倍额定电压。如额定电压为 380V，额定功率为 3kW 以上的电动机，则耐压值为 1760V，历时 1min。为了保证上述数值不被击穿，在未浸漆前的白坯应提高一定数值，一般在 500～1000V 之间。更换绕组的电动机，试验电压的有效值应不超过上述规定的 75%。高压电动机额定电压为 2000～6000V 时，其试验电压为额定电压的 2.5 倍。

5. 匝间绝缘试验

对于更换绕组的电动机应进行匝间绝缘强度试验，方法是把电源电压提高到额定电压的 130%，使电动机空转 5min，应不发生短路现象。

绕线式异步电动机进行匝间耐压试验时，应将转子绕组开路，使转子不能转动，这时加于定子绕组的试验电压高于额定电压 30%，转子绕组中所感应的电压也高于额定值 30%，这样就同时对转子绕组进行了匝间绝缘强度试验。

多速电动机则应对各种转速分别进行匝间绝缘试验。

6. 转子开路电压的测定

测量转子开路电压时，转子绕组开路，起动变阻器断开。在定子绕组上施加额定电压，在转子集电环间测量各相间电压。额定电压在 500V 以上的电动机，施于定子绕组上的电压可以适当降低。

测量电压的数值不应超过铭牌规定数值的±5%。若其中一相电压低，则表示该相有短路或线圈接错的现象。

7. 空载试验

电动机空载试验是在电动机定子绕组上施加三相平衡额定电压，使电动机空转 0.5h。在运行中测量三相电流是否平衡；空载电流是否太大或太小，电动机空载电流与额定电流的百分比见表 7-3。

表 7-3　电动机空载电流与额定电流的百分比

极数 \ 功率	0.125kW	0.55kW 以下	2.2kW 以下	10kW 以下	55kW 以下	125kW 以下
2	70～95	50～70	40～55	30～45	23～35	18～30
4	80～96	65～85	45～60	35～55	25～40	20～30
6	85～97	70～90	50～65	35～65	30～45	22～33
8	90～98	75～90	50～70	37～70	35～50	25～35

在空载试验时，应观察电动机运行情况，监听有无异常声音，铁心是否过热，轴承温升及运转是否正常。绕线型电动机应检查电刷有无火花和过热现象。空载试验线路如图 7-7 所示。该线路采用两只瓦特表，测量三相功率。总功率为两表读数的代数和。两表读数的正、负取决于功率因数的大小，空载时 $\cos\varphi_0 < 0.5$，此时有一个瓦特表读数为负；$\cos\varphi_0 > 0.5$ 时，两读数

均为正，空载功率最好用低功率因数瓦特表来测量。在无条件的情况下，也可用一只钳形电流表测量空载电流。

如果测出的空载电流超出范围很多，表示定子与转子之间的气隙可能超出允许值，或定子绕组匝数太少；如空载电流太低，表示绕组匝数太多，或误将三角形联结接成星形，两路并联改成一路串联等。根据修理经验，鼠笼式电动机空载电流太大或太小，相应调整绕组匝数的比例见表 7-4。

表 7-4　空载电流大、小与定子绕组匝数增、减的比例　%

空载电流的变化 $\pm\Delta I_0$	15～20	30	50
定子绕组匝数的变化 $\pm\Delta W$	5	10	20

图 7-7　空载试验线路

如在测量中发现空载电流不平衡，注意其值不应超过平衡电流的 5%（实际上三相电压不可能绝对平衡）。如超出规定范围，应适当增加匝数，反之，应适当减少线圈匝数。

8. 短路试验（堵转试验）

（1）定压法。将电动机卡住不转，给定子加 95V 的三相对称电压（按照国家标难，额定电压为 380V 的电动机，短路试验应在 100V 附近进行。习惯上常用 95V，因 95V 恰为 380V 的 1/4，比较方便）。记下定子的三个线电流 I_K（称为短路电流）。当 I_K 的数值在 I_N 与 $1.4I_N$ 之间时，大致可认为合格。在这个范围以内，I_K 越大越好。对子 1kW 以下的电动机，I_K 允许比 I_N 小些。

（2）定流法。令转子不动，给定子加 60V 以下的三相对称电压，并注意定子的三个线电流（一般小于 I_N）。逐渐升高电压使定子电流等于 I_N 为止，记下这时的定子电压 U_R（称为短路电压）。当 U_R 在 70～95V 之间时大致可认为合格。在这个范围内，U_R 越小越好。对 1kW 以下的电动机，U_R 允许比 95V 稍大些。

如短路电流三相不平衡，则表示定子绕组有短路、接错或转子绕组断路等现象。

9. 超速试验

超速试验的目的在于考验转子各部分对于离心力的机械强度和轴承在超速时的机械强度，电动机在空载情况下，应能承受 1.2 倍额定转速试验，历时 2min。提高转速的常用方法有两种：①提高被测电动机电源频率。②用辅助电动机施动被测电动机，亦可将转子取出单独进行超速试验。超速试验后，应检查转子有无有害变形。

10. 温升试验

电动机在运行过程中，各种损耗都转化为热量，使电动机各部分的温度升高，由于绝缘材料的使用寿命和工作温度密切相关，工作温度过高，绝缘材料的寿命将迅速下降。每一种绝缘材料都有一个最适宜的工作温度，此时绝缘材料不易老化。因此，电动机温升试验是一个重要项目。测量温升的方法一般有温度计法和电阻法。

电动机的温升一般应在额定负载情况下测定，为了节省电能，也可在空载下测量。

（1）温度计法。用温度计直接测量电动机的温升。在选择温度计时不能选用水银温度计，因电机中有漏磁场，这个交变磁场可使水银内产生涡流而发热，影响测量的准确性，因此必须

使用酒精温度计。

测量前起动电动机，调节负载使电动机的线电流等于额定电流，然后用温度计测量电动机各部分温度；电动机在运转中温度不断上升，数小时后温度达到某一稳定数值而不再上升，这时测出的温度减去环境温度就是电动机的温升。

由于测得的温度都是表面温度，比绕组内部温度最高点约低 10℃，因此，应把测得的温度加上 10℃，才得出电动机的实际温升。

在使用温度计时，因其底部都呈圆形且易破碎，与测量部位的接触面积太小，所以需用锡箔紧裹温度计的玻璃球，外面再包以棉絮（底部不包）并用纱带扎紧，再紧贴在所测部位。

（2）电阻法。利用导体电阻随温度升高而增大的原理，只要分别测出冷态和热态的电阻，就可计算出平均温升。试验前先测线圈冷态电阻和线圈温度。在电动机额定负载运行后，每隔一定时间测一次电阻，至电阻不再增加（测得两次电阻不变）时，记录热态时的相电阻，然后计算绕组温升 θ：

$$\theta=\frac{R_\theta-R_e}{R_e}(k+t_e)+t_e-t_r \tag{7-4}$$

式中 R_θ——绕组在试验结束断电瞬间的热态电阻，Ω；

R_e——绕组在实际冷态下的电阻，Ω；

t_e——绕组在实际冷态下的温度，℃；

t_r——试验结束时的冷却介质温度，℃；

k——常数（铜：$K=235$；铝：$K=328$）。

R_θ 与 R_e 须在同一出线端上测量。

（3）用空载法间接测定定子绕组的温升。空载测定温升的方法和满载测定温升的方法基本相同，此法只需让电动机作空载运行。根据空载时的各项数据，用式（7-4）计算出空载温升 θ_0，再按下式换算成满载时的温升 θ

$$\theta=\left(\frac{1-\sqrt{1-4ac}}{2a}\right)\left(\frac{I}{I_0}\right)^2+\theta_0-\left(\frac{1-\sqrt{1-4ac}}{2a}\right) \tag{7-5}$$

式中

$$a=\frac{6.75\frac{I}{I_0}}{\theta_0\left(\frac{I}{I_0}\right)^3+9\theta_0\frac{I}{I_0}+K+t_r-2\theta_0\left(\frac{I}{I_0}\right)^2} \tag{7-6}$$

$$c=\frac{1.15(K+t_r)\theta_0}{\theta_0\left(\frac{I}{I_0}\right)^3+9\theta_0\frac{I}{I_0}+K+t_r-2\theta_0\left(\frac{I}{I_0}\right)^2} \tag{7-7}$$

式中 I——满载电流，取铭牌额定电流；

I_0——空载电流，取最后 3 次的平均值。

这种方法操作简便，节省用电，测量结果也比较准确。

二、直流电机试验

根据国家标准的规定，直流电机应做如下试验。

1. 试验项目

（1）绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定。

（2）绕组在实际冷态下，直流电阻的测定。

（3）空载特性的试验。

（4）额定负载的试验（同时检查换向）。

（5）温升试验。

（6）效率的测定。

（7）发电机的短时过电流或电动机的短时过转矩试验（同时检查换向）。

（8）有换向极电机的无火花换向区域的测定。

（9）发电机的电压调整或电动机的转速调整的测定。

（10）超速试验。

（11）振动的测定。

（12）噪声的测定。

（13）无线电干扰的测定。

（14）转动惯量的测定。

（15）短时过电压的试验。

（16）耐电压试验。

以上各项中的（5）、（6）、（8）、（12）、（14）为型式试验项目。对于大修及重绕线圈的电机，可进行（1）、（2）、（3）、（4）、（7）、（9）、（10）、（11）、（13）、（15）、（16）检查试验项目。但是对以上项目的检查将使用大量的设备和仪表，一般修理单位很难具备这些条件，此时可选择（1）、（2）、（3）、（4）、（10）、（16）等项进行试验。

2. 试验前的检查

除参照异步电动机的试验中有关部分外，还应检查如下部位。

（1）刷握应牢固而精确地固定在刷架上，刷杆应与换向器表面平行，各组刷握之间的距离应相等。

（2）电刷应能自由地在刷握内上下移动，但不能太松。电刷表面与换向器接触面积不得低于75%。

（3）电刷的弹簧压板压力，一般电机为11.8～16.7kPa，经常受到冲击振动的电机为19.6～39.2kPa。

（4）换向器表面应清洁光滑，换向片间的云母片不应突出，在换向器表面，凹进深度为1～1.5mm。

（5）检查电机出线是否正确，各绕组线端的符号见表7-5。

表7-5　　直流电机出线端标志

绕组名称	对应的绕组线端符号					
	1980年国家标准		1965年国家标准		1965年以前的老标准	
电枢绕组	A_1	A_2				
换向极绕组	B_1	B_2	H_1	H_2		
补偿绕组	C_1	C_2	BC_1	BC_2	B_1	B_2
串励绕组	D_1	D_2	C_1	C_2		
并励绕组	E_1	E_2	B_1	B_2	F_1	F_2
他励绕组	F_1	F_2	T_1	T_2	W_1	W_1

注　1. 角标1是始端，为正极；角标2为末端，为负极。

2. 我国现行采用的符号与IEC国际标准的规定相同。

（6）磁极线圈电压降的检查：对各磁极线圈通直流电，测量每只线圈端子上的电压降，个别线圈电压数值与平均值间的相差不应大于5%。

（7）电刷中性线的测定方法如下。

1）直接调整法。首先松开固定刷架的螺栓，戴上绝缘手套，用两手拉紧刷架座，然后开车，用手慢慢逆电机旋转方向转动刷架，如火花增加或不变，可改变方向旋转，直到火花最小为止。

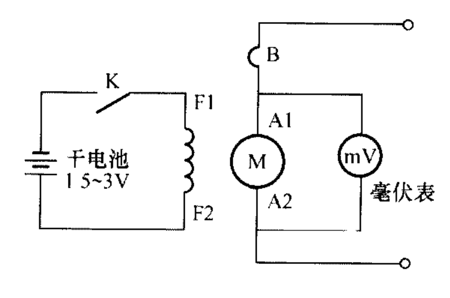


图7-8　感应法确定中性点位置

2）感应法。电路接线如图7-8所示。当电枢静止时，将毫伏表接到相邻的两组电刷上（电刷与换向器接触要良好），励磁绕组通过开关K接到1.5～3V的直流电源上。交替接通和断开励磁绕组的电路，毫伏表指针会左右摆动。这时，将电机刷架顺电机旋转方向或逆方向移动，直至毫伏表指针基本不动时，电刷架位置即在中性点位置。

3）正反转电动机法。对于允许逆转的直流电动机，先使电动机顺转，后逆转，随时调整电刷位置，直到正反转速一致时，电刷所在的位置是中性点位置。

3. 试验方法

（1）电机绕组的极性及其连接正确性的检查。

1）主极线圈连接的检查。直流电机的主极总是成对的，各主极励磁绕组的连接，必须使相邻磁极的极性按N、S极的顺序依次排列，检查方法可用磁针法进行。

2）检查主极与换向极连接。主极与换向极的极性关系见第六章第三节所述，可用磁针法检查。

3）检查换向极绕组和补偿绕组对电枢绕组之间连接的正确性。检查接线如图7-9所示。换向极绕组和补偿绕组与电枢绕组都是串联连接的，分别将电池接到换向极绕组或补偿绕组，毫伏表接于电刷两端，当闸刀K合上的瞬间，电枢绕组中产生感应电动势。其方向可由毫伏表确定，如毫伏表指针向右偏转，则表示两绕组之间的连接是正确的，反之则接线错误。

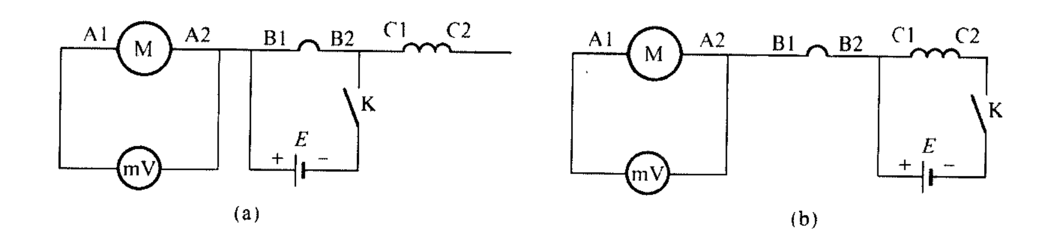


图7-9　换向极和补偿绕组对电枢的极性检查接线图

（a）检查换向极绕组；（b）检查补偿绕组

4）串励对并励绕组之间连接的正确性。检查接线如图7-10所示。将电池接到串励绕组，毫伏表接到并励绕组两端，当闸刀K合上的瞬间，如毫伏表的指针向右偏转，则表示D1、E1（或D2、E2）为同极性出线端子。根据所测得同极性的出线端，就可将串励与并励绕组正确接线。

（2）绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定。检查时除绕组之间及对机壳之间的绝缘电阻需要测量外，还应测量电枢绕组、钢丝扎箍与换向器之间、换向器紧圈与换向片之间、刷杆与机壳之间（此时全部电刷应提起）的绝缘电阻。

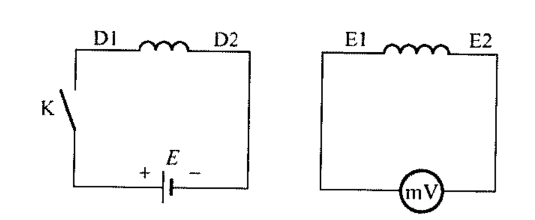


图 7-10　串励对并励绕组之间连接的正确性检查接线图

用绝缘电阻表测量冷态绝缘电阻时，其电压等级与选用绝缘电阻表的方法参照异步电动机试验进行检查。

在测量绕组绝缘时，应在热态时（额定温升）进行，其数值不应低于式（7-8）所求得的数值

$$R=\frac{U_N}{1000+\frac{P_N}{100}} \tag{7-8}$$

式中　R——电机绕组热态绝缘电阻，MΩ，500V 以下的电机绝缘电阻不应低于 0.5MΩ。

（3）直流电阻的测定。直流电阻的测定可根据绕组电阻的大小，采用万用表、单臂电桥和双臂电桥进行，其方法可参照异步电动机试验所述的方法进行。

如无电桥，可采用电压表和电流表法。采用该法时，应采用蓄电池或电压稳定的直流电源。为有足够的灵敏度，绕组中所通过的电流不超过绕组额定电流的 20%。电压表与电流表的读数应当很快读下，以免因绕组通电发热影响测量的准确度。测量小电阻绕组的接线如图7-11所示。

图 7-11 中 r 为被测电阻，R 为调节电阻。考虑到电压表内阻的分路电流，被测绕组的直流电阻为

$$r=\frac{U}{I-\frac{U}{r_V}}$$

式中　U——电压表的读数，V；

I——电流表的读数，A；

r_V——电压表内阻，Ω。

测量大电阻绕组的接线如图 7-12 所示。考虑到电流表内阻压降，其绕组电阻为

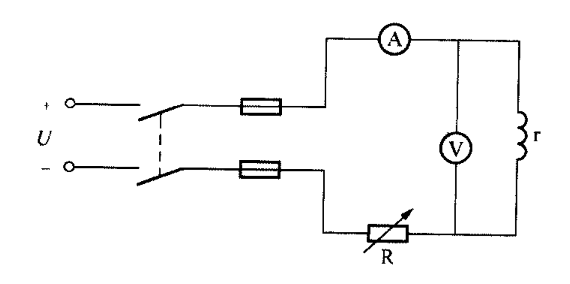


图 7-11　电流表和电压表法测量小电阻值

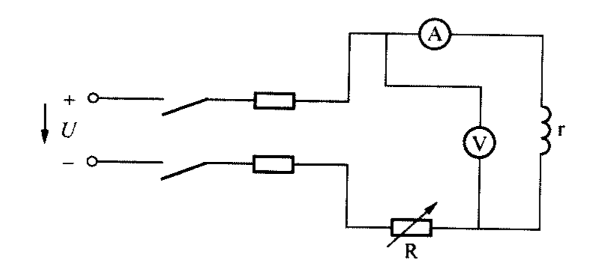


图 7-12　电流表和电压表法测量大电阻值

$$r=\frac{U-Ir_i}{I} \tag{7-9}$$

测得的冷态电阻，按照式（7-1）换算到基准温度时的电阻。

（4）空载特性试验。直流电机的空载特性是指当电机在空载发电机方式下以额定转速运转时，所量取的电枢电压与励磁电流的关系曲线（一般量取 9～11 个点）。目的是通过空载特性

判断电机磁路的饱和程度，从而分析电机的工作性能。

试验时，逐步增加电机的励磁电流，直到电枢电压接近额定电压值的130%时为止，然后逐步减小励磁电流到零。在做上升或下降时，各读取9～11个点，其中应在电枢电压的额定值左右多读取几个点。在每一点上，应同时读取电枢电压和励磁电流的数值。

如果电机的磁路已经饱和，电枢电压不能调至额定值的130%，则以电机所能达到的最大电压为准，但不应使励磁绕组过热，励磁电流不得大于额定电流的1.5倍。

做电机空载试验时，电刷的中性线应预先调整好。为了避免磁路的磁滞影响，励磁电流的调节必须在单一方向上逐渐增加（或减少），不能在调节过程中出现忽增忽减的调节，否则应从开始试验状态时重新做起。试验并励电机和发电机并励绕组的励磁电流不能超过电机额定电流的5%。

在空载试验中，应检查铁心是否过热；轴承的温度是否过高；有无异常声音及电机正、反向转动时，电刷下有无火花及过热现象。

（5）负载试验。修复后的电机一般用直接负载进行试验，以便检查电机换向器下的火花是否在允许范围，转速、输出电压和电流以及温升等是否符合要求。负载试验的接线方法如图7-13所示。

直流发电机额定负载试验是当发电机在额定电流、额定电压及额定转速下，以确定额定励磁电流。

直流电动机额定负载试验是当电动机在额定电流、额定电压、额定励磁电流或额定励磁电压下（对不带磁场变阻器的并励电机）以校核转速。

在检查试验中，电机的额定负载试验应在电机额定运行至各部温度达到实际稳定状态时进行，并应同时检查换向器及其他部件有无不正常情况。电机额定运行的持续时间由该类型电机的技术条件决定。变速电动机的额定负载试验应分别在最低额定转速及最高额定转速下进行。

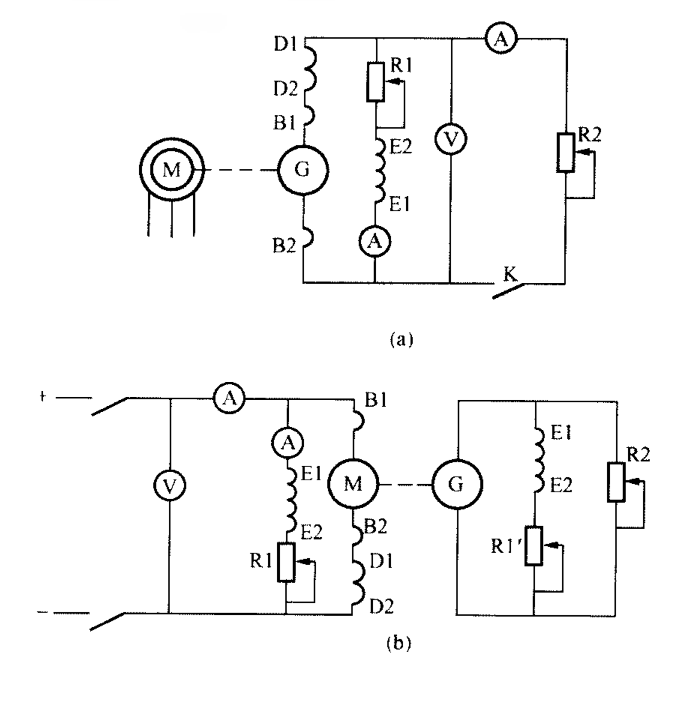


图7-13　负载试验接线方法
（a）发电机负载试验；（b）电动机负载试验

（6）温升试验。直流电机的温升试验在电机额定运行下连续进行，一般按1h的时间间隔记录电机进、出风口及铁心表面处温度计的读数，在最后2～3个时间间隔中温度的变化若小于1℃/h，即认为电机达到温升稳定状态。温升试验的方法，可参照异步电动机试验进行。

在环境温度40℃和海拔1000m以下，直流电机各部件的允许温升限度见表7-6。

表7-6　　**直流电机各部件温升限度**

电机部件	A级		E级		B级		F级		H级	
	温度计法（℃）	电阻法（℃）	温度计法（℃）	电阻法（℃）	温度计法（℃）	电阻法（℃）	温度计法（℃）	电阻法（℃）	温度计法（℃）	电阻法（℃）
电枢绕组、励磁绕组	50	60	65	75	70	80	85	100	105	125

续表

电机部件	A级		E级		B级		F级		H级	
	温度计法(℃)	电阻法(℃)	温度计法(℃)	电阻法(℃)	温度计法(℃)	电阻法(℃)	温度计法(℃)	电阻法(℃)	温度计法(℃)	电阻法(℃)
低电阻励磁绕组及补偿绕组	60	60	75	75	80	80	100	100	125	125
与绕组接触的铁心和其他部件	60		75		80		100		125	
换向器	60		75		80		100		125	
不与绕组接触的铁心及其他部件	这些部分的温升不应达到足以使任何相近的绝缘或其他材料有损坏危险的数值									

(7) 短时过电流及短时过转矩试验。目的是检查电机的过载能力、电气状态和机械状态，其试验线路如图7-14所示。

对于直流发电机，做短时过电流试验时，电压应尽量接近额定值，应能承受150%额定电流达15s而不损坏或产生变形；对于直流电动机，做短时过转矩试验时，电压应为额定值，励磁电流应调节到额定值并保持不变，应能承受150%额定转矩达15s而不损坏或产生变形；在对发电机和电动机做以上试验时，应及时检查换向器的工作情况。

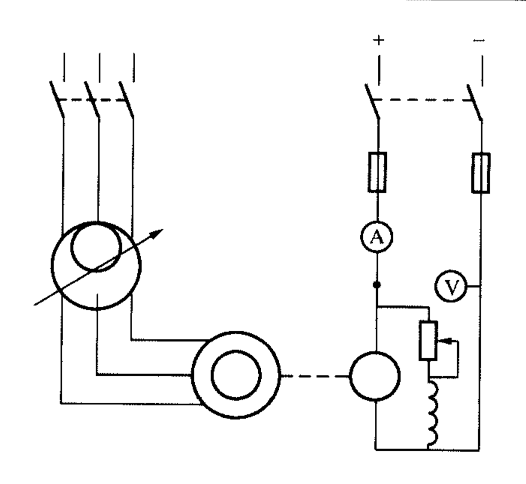


图7-14 过载试验线路图

(8) 超速试验。目的与异步电动机试验相同。电机超速试验的方法可采用减小励磁电流或增加端电压的方法，使电动机超速。在采用提高端电压的方法时，电压不得超过额定电压的130%。直流电动机应能承受120%的额定转速，历时2min而不损坏或产生变形。

(9) 耐压试验。直流电机的线圈在制造、嵌线、装配及电机成品试验等工序中，需做对地耐压试验，以考核其绝缘强度。

试验电压应是实际正弦波形及频率为50Hz的交流电。试验用的高压变压器容量一般选择按试验电压每1kV，容量至少要1kVA计算。耐压试验时应有设备保护及安全设施，耐压试验的方法可参照异步电动机试验进行。

耐压试验的项目包括：电枢线圈绝缘对地试验；主极及换向极线圈绝缘对地试验；补偿线圈绝缘对地试验；绕组对机壳及绕组相互间绝缘强度试验。各项试验电压分别见表7-7～表7-10。

表7-7　电枢线圈绝缘对地试验电压

序号	试验阶段	对地试验电压(V)		试验时间
		$U_N>36$	$U_N\leqslant36$	(s)
1	成型线圈包绕对地绝缘后（在线圈与铝箔间进行）	$2.5U_N+2500$	—	60
2	线圈嵌线与换向器连接后	$2.5U_N+1900$	750	15
3	电枢绕组绑扎后	$2.5U_N+1700$	700	60
4	电枢浸漆和换向器精车后	$2.5U_N+1500$	650	60
5	成品试验完成后（热态）	$2U_N+1500$*	$2U_N+500$	69

* 最低试验电压为1000V，对功率小于1000W的电机，对地试验电压为$2U_N+500$V。

表 7-8　　主极及换向极线圈绝缘对地试验电压

序　　号	试　验　阶　段	对 地 试 验 电 压（V）		试验时间（s）
		$U_N^* > 36$	$U_N \leqslant 36$	
1	线圈套人铁心后	$2.5U_N + 2500$		1
2	主极和换向极装入定子后	$2.5U_N + 1900$	—	1
3	定子线圈接线后	$2.5U_N + 1700$	800	1
4	成品试验完成后	$2U_N + 1000$**	$2.5U_N + 500$	1

* 对于他励线圈 U_N 为励磁电压。

** 最低对地试验电压为 1500V，对于功率小于 1000W 的电机，对地试验电压为 $2U_N + 500$V。

表 7-9　　补偿线圈绝缘对地试验电压

序　　号	试　验　阶　段	对地试验电压（V）	试验时间（min）
1	条式补偿线圈直线部分绕包绝缘后（在线圈与铝箔间进行）	$2.5U_N + 2500$	1
2	嵌线完毕及接端线后（未焊接前）	$2.5U_N + 1900$	1
3	端线焊接后（机械连接除外）	$2.5U_N + 1700$	1
4	成品试验完成后（热态）	$2U_N + 1000$*	1

* 最低试验电压为 1500V。

表 7-10　　绕组对机壳及绕组相互间绝缘强度试验电压

电 机 和 部 件	试 验 电 压（有效值）（V）
1kW 以下电机或额定电压不超过 30V 的电机	$500 + 2U_N$
1kW 以上至 10 000kW 以下，额定电压超过 36V 的电机	$1000 + 2U_N$，最低为 1500V
他励直流电机励磁绕组	$1000 + 2U_N$，最低为 1500V

三、转子校平衡

电机绕组重新更换，重新绑扎钢丝，直流电机升高片的补焊，转子和风叶破损或更换的部件材料质量不均匀、形状不对称等原因，会使转子的重心对轴线产生偏移，转动时由于偏心的惯性作用产生一种离心力 F，其大小可按式（7-10）计算

$$F = Mr\omega^2 \tag{7-10}$$

式中　M——不平衡质量，kg；

r——不平衡质量偏移的半径，m；

ω——转子转动的角速度，rad/s。

由于较小的不平衡质量，转动时会产生较大的离心力，电机运行时发生振动，加速轴承的磨损，缩短电机的寿命。可能引起基础的共振，造成电机损坏及更严重的后果。

1. 静不平衡及其消除

校平衡的任务在于消除这种由于重心偏移引起的不平衡现象。校平衡一般要校静平衡和动平衡。

校静平衡的设备是两个静平衡架和平衡板构成，底架的位置由底脚螺钉调整，平衡板固定于底架上，它通常由锻钢经精磨加工而成，与轴的接触面的粗糙度应达到$\sqrt[0.16]{}$，硬度为 HRC62～65。

平衡板常见的断面型式为圆形、菱形和矩形。其中圆形轨道精度最高，但只适用于平衡 40～50kg 的小型转子，圆形平衡板的直径通常为 40～60mm。平衡板的长度应使轴在其上回转 2～3 圈，平衡架的外形如图 7-15 所示。

电枢在平衡前，首先应在转子两端选择适当的轴段（即两端轴段直径应一致，若没有同直径的轴段应套平衡颈圈），选择轴段的粗糙度至少应有$\overset{2.5}{\bigtriangledown}$。根据选定的轴段距离，选择适当的平衡架，并将平衡板和电机轴用布擦干净。然后把被校平衡的转子放在两平衡板上，这时先在轴下垫上垫块（最好不要用金属的），使电机不要转动，开始先校平衡架的水平。其方法是根据平衡架两端的水平仪调整两端的水平，然后用框式水平仪调整两平衡板的水平。当平衡架的水平调整完毕后，方可小心地把转子轴下的垫块拿出，如图 7-16 所示。未平衡的不平衡质量 M 必然会促使转子在平衡板上滚动，直到 M 处于最低的位置为止。如转子偏心重力矩不能使转子滚动，应将其转 90°后再试，看电机转子是否滚动，如转到一处转子不动了，转子的最下方为平衡质量的 M 点，并在该处做上记号，重复试验几次，如每次 M 点都在下方，那么，初次确定的位置是正确的。

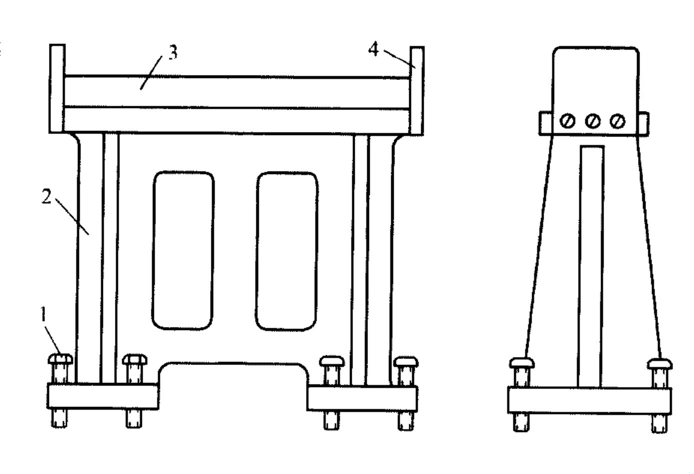


图 7-15　静平衡架

1—调整螺钉；2—底架；3—平衡板；4—挡板

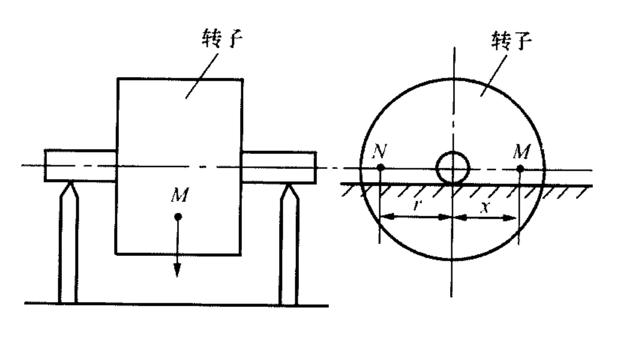


图 7-16　静平衡工艺

第二步用橡皮泥在与 M 点对称的另一边加上重量再试，直到转子放到任意位置都没有转动现象发生，此时 M 对轴中心线产生的力矩与 N 对转轴中心线产生的力矩达到了平衡，即

$$M_x = N_r \tag{7-11}$$

最后把橡皮泥取下，可用同等重量的锡焊在钢丝箍上，或用螺钉加到风叶片上，然后再做几次静平衡校验，直至符合要求为止。

对于低速电机，如没有校静平衡的设备，可用电机自身的滚动轴承作静平衡，如电机负载侧为滚柱轴承，则应临时更换成滚珠轴承。测平衡前应将轴承清洗干净并加点机油，然后吊放在两个支架上（支架材料可根据现有条件制作）使轴承外圈固定不动。调整支架使转子水平，然后用上述方法找静平衡。

2. 动不平衡及其消除

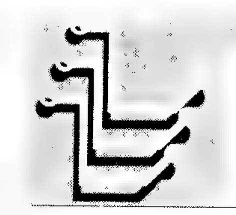
对于校好静平衡的转子，转动时才表现出来的不平衡，称为动不平衡。严格说来，任何转子都应该用动平衡的方法来消除不平衡的影响。但在实际的电机修理中，可将低速的转子（其长度 L 与直径 D 之比较小）只校静平衡。转子校平衡的条件见表 7-11。

表 7-11　　**转子校平衡的条件**

转子条件		校平衡类型
圆周长度（m/s）	长度 L/直径 D	
<6 <15	不限 <1/3	静平衡
≥25 >20	≥1/3 >1/6	动平衡

对于中小型电机转子的平衡以转速来分类，一般的 2 极和 4 极电机做动平衡，其他的只做静平衡。求动、静平衡的方法有去重法和加重法两种，根据被平衡的实际条件，可合理地选其中一种。

校动平衡一般在平衡机上进行。现在大多数采用闪光式动平衡机，它是利用闪光确定不平衡位置，由仪表指示出需加的不平衡重量。



第八章

“四新”推广站与“绝技绝活”

第一节　介绍几种新型电机

一、直线电机

（一）概述

悬浮列车的使用极大地引起了全国人民的关注，磁悬浮列车就是用直线电机拖动的。直线电机不仅用在磁悬浮列车上，它的应用十分广泛，如机床设备、电梯、家用电器等都开始应用。可以说，直线电机已经进入了广泛应用阶段。

直线电机就是旋转电机在结构方面的一种变形，它可以看成是一台旋转电机沿其径向剖开，然后拉平演变而成。近年来，随着自动控制技术和微型计算机的高速发展，对各类自动控制系统的定位精度提出了更高的要求，在这种情况下，传统的旋转电机再加上一套变换机构组成的直线运动驱动装置，已经远不能满足现代控制系统的要求，为此，近年来世界许多国家都在研究、发展和应用直线电机，使得直线电机的应用领域越来越广。

直线电机与旋转电机相比，主要有如下几个优点：一是结构简单，在很多只需直线运动的机械设备，必须由旋转电动机经过齿轮等传动装置，由旋转运动变成直线运动。这样不但把设备变得非常复杂，由于变速装置存在间隙，其精度受到一定的影响。而直线电机不需要把旋转运动变成直线运动的附加装置，因而使得系统本身的结构大为简化，重量和体积大大地下降。二是定位精度高，在需要直线运动的地方，如轨道交通、机床的工作台、矿井的矿石输送等，直线电机可以实现直接传动，因而可以消除中间环节所带来的各种定位误差，定位精度高，如采用微机控制，则还可以大大地提高整个系统的定位精度。三是由于简化了一些传动环节，使得操作更加简单。四是反应速度快、灵敏度高，随动性好。直线电机容易做到其转子用磁悬浮支撑，因而使得转子和定子之间始终保持一定的空气隙而不接触，这就消除了定、转子间的接触摩擦阻力，大大地提高了系统的灵敏度、快速性和随动性；五是工作安全可靠、寿命长。直线电机可以实现无接触传递力，机械摩擦损耗几乎为零，所以故障少，免维修，工作安全可靠、寿命长。

（二）分类与特点

1. 直线电机的分类

直线电动机的分类方法较多，按工作原理分类和按电机结构分类如图 8-1 所示。还有一些分类方式，如根据一次（电枢）侧和二次侧（磁极）侧的长度比较分类；根据一次（电枢）侧是固定还是可动分类。

2. 直线电动机的特点

（1）优点。

1）高速响应性。一般来讲机械传动件比电气元器件的动态响应时间要大几个数量级。由于系统中取消了一些响应时间常数较大的机械传动件，使整个系统动态响应性能大大提高，反应异常灵敏快捷。

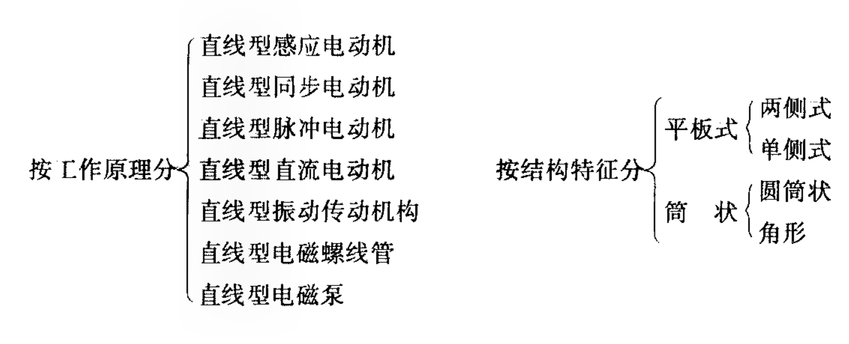


图 8-1　直线电机的分类

2）高精度性。由于取消了一些传动机构，减少了传动系统滞后带来的跟踪误差，可大大提高机械的定位精度。

3）传动刚度高，推力平稳。直接驱动提高了其传动刚度，同时直线电动机的布局可根据机械导轨的形面结构及其工作台运动时的受力情况来布置，使其运动推力平稳。

4）速度快，加减速过程短。直线电动机最早用于磁悬浮列车（时速可达 500km/h），如用于机床进给驱动中，要满足其超高速切削的最大进给速度（要求达 60～100m/min 或更高）当然是没问题的。也由于零传动的高速响应性，使其加减速过程大大缩短，从而实现起动时瞬间达到高速，高速运行时又能瞬间准停。加速度一般可达到 2～10g（$g=9.8\text{m/s}^2$）。

5）行程不受限制。如用在机床上，传统的丝杠传动受丝杠制造工艺限制，一般 4～6m，更长的行程需要接长丝杠，无论从制造工艺还是在性能上都不理想。而采用直线电机驱动，定子可无限加长，且制造工艺简单，已有大型高速加工中心 X 轴长达 40m 以上。

6）加速度大。直线电机最大加速度可达 30g（$g=9.8\text{m/s}^2$），目前数控加工中心的进给加速度已达 3.24g，激光加工机的进给加速度已达 5g，而传统机床进给加速度在 1g 以下，一般为 0.3g。应用前馈控制的直线电机驱动系统可减少跟踪误差 200 倍以上。由于运动部件的动态特性好，响应灵敏，加上插补控制的精细化，可实现纳米级控制。

7）运行时噪声低。由于取消了传动丝杠等部件的机械摩擦，而其导轨又可采用滚动导轨或磁垫悬浮导轨（无机械接触），使运动噪声大大下降。

8）结构简单、运动平稳、噪声小，运动部件摩擦小、磨损小、使用寿命长、安全可靠。

9）效率高。由于无中间传动环节，也就取消了其机械摩擦时的能量损耗。

（2）应注意解决的问题。现以机床上应用的直线电机为例，谈一谈直线电机在应用中，尚待解决的问题。

1）发热问题。由于直线电动机的绕组、铁心就贴在机床导轨上，一、二次绕组在进行电磁能量转换过程中所产生的热量，会使温度 t 升高；并且 t 的升高又将引起电动机绕组阻值 r 增大，为了确保驱动力输出不变，就要增大其电流，反过来电流的增大又将使电机的温度升高，从而形成恶性循环的正反馈过程。其结果将严重引起机床导轨热变形，所以机床进给系统采用直线电动机驱动后，解决好其散热问题是至关重要的一步。

2）防护及隔磁。由于旋转电动机有机壳，既起防护作用，又是电机磁场的磁路，对磁场起封闭作用，而直线电动机磁场是开启式的，并且就在机床工作台上，其工件切屑中的铁屑和工具等磁性材料很容易被该磁场吸住，而妨碍其正常工作。其隔磁防护不能忽视，并且还需考虑对机床冷却液、润滑油等的防护。

3）负载干扰问题。直线电动机传动控制只能是全闭环控制，其工作台负载（工件重量、

切削力等）的变化，对一个稳定系统来说就是外界干扰，若自动调节不好就会引起系统振荡而失稳。因此对整个直线进给驱动系统来讲，除了要求直线电动机有较强的带负载能力外，还必须同时具备速度、位置检测负反馈和高速信息传输、校正、响应能力。并且也应尽量减小导轨间的摩擦阻尼，如采用滚动导轨或磁垫悬浮导轨。另外在加大直线电动机容量的同时，若适当增加工作台自重，对减小其负载干扰系数会有一定作用。

3. 直线电机的应用

直线电机的应用领域十分广泛。目前直线电机在世界各国的应用大至分为五个方面，即物流系统、工业设备、信息自动化系统、交通及民用、军事方面。

随着自动控制技术和微型计算机的高速发展，对各类自动控制系统的定位精度提出了更高的要求，在这种情况下，传统的旋转电机再加上一套变换机构组成的直线运动驱动装置，已经远不能满足现代控制系统的要求，为此，近年来世界许多国家都在研究、发展和应用直线电机，使得直线电机的应用领域越来越广。

现在已经开始商业运行的时速达500km以上的磁悬浮列车，就是一种直线电动机进行拖动；在工业领域，直线电机被用于生产线，以及各种横向或垂直运动的一些机械设备中。直线电机除具有高速、大推力的特点以外，还具有低速、精细的另一特点，例如，步进直线电动机，它可以做到步距为1μm的精度，因此，直线电机又被应用到许多精密的仪器设备中，例如计算机的磁头驱动装置、照相机的快门、自动绘图仪、医疗仪器、航天航空仪器、各种自动化仪器设备等。除此之外，直线电机还被用于各种各样的民用装置中，如门、窗、桌、椅的移动，门锁、电动窗帘的开、闭等。

（三）结构原理

1. 直线电动机的结构

简单地说，将旋转电机轴向切开，沿水平方向展开，就可以得到直线电机的基本结构。直线感应电机和旋转感应电机一样，它也由定子和转子组成，定子也由冲上齿槽的电工钢片叠成，槽里也同样有绕组；转子大多数采用由非磁性体（铜板或铝板）和磁性体（钢板）构成的复合金属板，以兼具两者的优点。可以是定子移动，也可以是转子移动；原来的定子称一次侧绕组，原来的转子称二次侧绕组。一次与二次之间的空气隙为电磁功率交换区域。一般说来，直线电机的气隙要比旋转电机的大，这造成了它的效率和功率因数较低。用于机床进给系统的直线电动机的典型结构如图8-2所示。

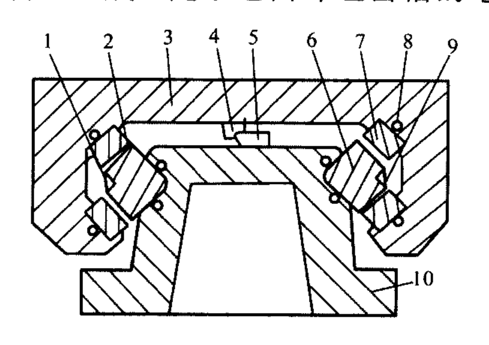


图8-2 用于机床进给系统的直线电动机截面图

1—测温元件；2—气隙检测元件；3—工作台；4、5—光栅定滑尺；6、7—电动机动件、定件；8—制冷机蒸发管；9—气隙；10—床身

2. 工作原理

直线电动机的工作原理（以直线感应电动机为例）和普通交流感应电动机是基本相同的。在直线电机的三相绕组中通入三相对称正弦电流后，它和旋转电机一样，也会产生气隙磁场。当不考虑由于铁心直线型而引起的纵向边端效应时，这个气隙磁场的分布情况与旋转电机的情况相似，即可看成沿展开的直线方向呈正弦分布。当三相电流随时间变化时，气隙磁场将按A、B、C相序沿直线移动，由于该磁场是平移的，因此称作行波磁场。很明显，行波磁场的移动速度与旋转磁场在定子内圆表面上的线速度是一样的，称为同步速度V_S

$$V_S = 2f\tau \tag{8-1}$$

式中 τ——电机的极距；

f——电源频率。

二次绕组在行波磁场的切割下，将感应出电动势并产生电流。所有绕组的电流和气隙磁场相互作用便产生电磁推力。在这个电磁推力的作用下，若一次绕组固定不动，二次绕组就会顺着行波磁场运动的方向作直线运动。如果二次绕组移动的速度用 V 表示，转差率用 s 表示，则

$$s = \frac{V_S - V}{V_S} \tag{8-2}$$

直线电机原理示意图如图 8-3 所示。

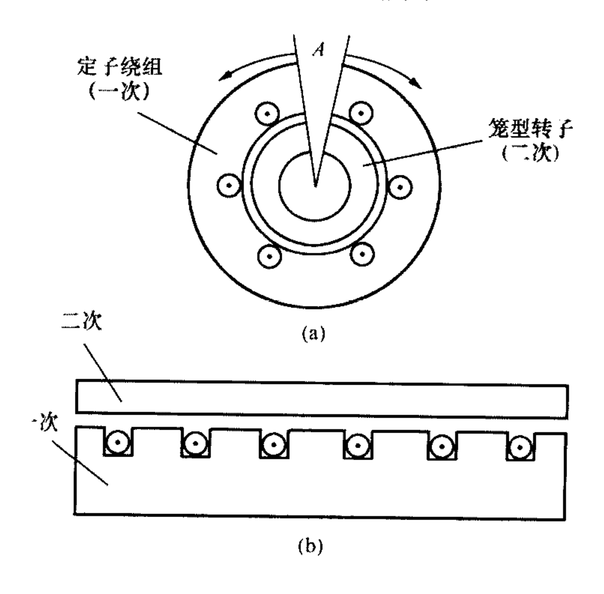


图 8-3 直线电机原理示意图

(a) 沿径向剖开；(b) 把圆周展成直线

（四）发展趋势

直线电机的应用范围十分宽广，前景非常诱人。高速磁悬浮列车是直线电机实际应用最典型的例子，目前，中、美、英、日、法、德和加拿大等国都在研制直线悬浮列车，日本进展最快。

直线电机及其驱动控制系统在技术上日趋成熟，已具有传统传动装置无法比拟的优越性能。过去人们所担心的直线电机推力小、体积大、温升高、可靠性差、不安全、难安装、难防护等问题，随着电机制造技术的改进，已不再是大问题。而驱动与控制技术的发展又为其性能拓展和安全性提供了保证。选择合适的直线电机及驱动控制系统，配以合理的设计，完全可以生产出高性能、高可靠性的设备。现在直线电机驱动进给速度为 100m/min，加速度为 1～2g 的机床已很普遍，已有机床达到快进 240m/min，加速度 5g 的指标。日本 Mazak 公司宣称，该公司将在近期推出快移速度 500m/min，加速度 6g。高速度和高加速度的传动已在加工中心、数控铣床、车床、磨床、复合加工机床、激光加工机床及重型机床上得到广泛应用，这类机床在航空、汽车、模具、能源、通用机械等领域发挥着特殊的作用。

世界上第一台使用直线电机驱动的电梯 1990 年 4 月安装于日本东京都关岛区万世大楼，该电梯载重 600kg，速度为 105m/min，提升高度为 22.9m。由于直线电机驱动的电梯没有曳引机组，因而建筑物顶的机房可省略。如果建筑物的高度增至 1000m 左右，就必须使用无钢丝绳电梯，这种电梯采用高温超导技术的直线电机驱动，线圈装在井道中，轿厢外装有高性能永磁材料，就如磁悬浮列车一样，采用无线电波或光控技术控制。

目前许多行业如电工、电子、机械、化工、医药等生产流水线和装配线，已有不少单位开始采用直线电机驱动，包括一些汽车生产线。在一些新颖的立体化仓库的搬运系统和新型的自动化车库，也开始采用了直线电机，其中采用直线电机的自动化车库是在库地上安装一系列纵向和横向的直线电机一次绕组，而载车板为二次绕组。通过计算机，利用直线电机一、二次绕

组作用，移动汽车进或出，效率和利用率都很高。

近年来，直线电机系统成本不断下降，但目前采用直线电机驱动仍比传统的传动装置价格要高。因此，直线电机的应用应着眼于高性能机床，特别是精密高速加工机床、特种加工机床、大型机床和设备，解决传统传动方法不能解决的问题。另外，提高加工精度和加工效率也会提升设备的价值。例如，美国一家公司的高速加工中心，X 轴长达 46m，采用直线电机驱动后，加工大型薄壁飞机零件，用传统方法加工一件要 8h，而用该机床只需 30min。据意大利一家公司介绍，该公司生产的 LinX 系列产品保证了龙门加工中心在长距离移动上的超高性能，最大限度减少轴转换操作的无效时间，其德国用户采用 LinX 龙门加工中心（三轴均为直线电机驱动）加工模具，由于无效时间大为缩短等因素，加工效率比未采用直线电机的同类机床效率提高 40%，而且由于传动部件无磨损，使用更可靠，运行费用更低。在生产 LinX 产品时采用直线电机的成本只增加百分之几，但由于性能提高，售价可增加 15%～20%，机床利润率明显增加。

二、变频电动机

随着电力电子技术的发展，交流变频调速系统也正在迅速发展。为了提高效率、节约能耗，国内很多厂家研制出适合变频调速的变频电动机有 YTSP、YVP、YGP、YPBF 等系列。

1. 变频电动机的特点

（1）变频调速三相异步电动机各项性能指标同国外 20 世纪 80 年代水平相当，其基本技术条件符合 IEC 34-1 和 GB 755 的规定。电机噪声低，振动小，调速范围广。为配合国内外各类高性能的 IGBT 脉宽调制变频器而特殊设计的，使用时一般不需配用外接滤波器。

（2）为了使电机能适应 PWM 变频电源供电的状况，在设计上，对定子、转子槽形和定子绕组分布形式作了特殊的考虑，以期获得一个较为合适的电感值，来抑制和减小时间谐波和由其引起的一系列电机空间谐波所产生的不良影响。电机的电磁负荷也考虑了一定的裕度，这样既能保证电机在高频时的过载能力，又能在低频运行时仍能保持恒转矩输出。绝缘结构的设计考虑了采用 IGBT 的 PWM 变频器的高斩波频率的影响，尤其是匝间绝缘，为了能够承受由高电压上升率在线圈匝间反复施加的陡度极大的冲击电压所导致的严酷考验，采用了特殊措施予以加强。电机的匝间耐压试验值远超过了 JB/Z 346—89 对交流电机的规定。在结构设计方面，安装尺寸与 Y 系列相同，以便用户的配套和选用。

（3）冷却方式。

1）IC411 系列，自通风电机风扇装在轴上，可以保证在该系列规定的频率范围（10～70Hz）内实现恒转矩及恒功率调速，并保证在此条件（绝缘耐热等级 F）长期运行，电机绕组温升不超过允许值。

2）IC416 系列该系列使用单独的轴流风机强迫通风，保证了电机在低速（1～2Hz）时恒转矩长期运行温升不超过允许值。

2. 普通异步电动机与变频电机的区别

普通异步电动机都是按恒频恒压设计的，不可能完全适应变频调速的要求。

（1）变频器对电动机机的影响。

1）电动机的效率和温升。不论哪种形式的变频器，都会在运行中均产生不同程度的谐波电压和电流，使电动机在非正弦电压、电流下运行。以目前普遍使用的正弦波 PWM 型变频器为例，其低次谐波基本为零，剩下的比载波频率大一倍左右的高次谐波分量。

高次谐波会引起电动机定子铜耗、转子铜（铝）耗、铁耗及附加损耗的增加，最为显著的是转子铜（铝）耗。因为异步电动机是以接近于基波频率所对应的同步转速旋转的，因此，高次谐波电压以较大的转差切割转子导条后，便会产生很大的转子损耗。除此之外，还需考虑因集肤效应所产生的附加铜耗。这些损耗都会使电动机额外发热，效率降低，输出功率减小，如将普通三相异步电动机运行于变频器输出的非正弦电源条件下，其温升一般要增加10%～20%。

变频电动机因在设计时充分考虑到电机在各种情况下造成的温升增加的因素，可以保证在该系列规定的频率范围（10～70Hz）内实现恒转矩及恒功率调速，并保证在此条件（绝缘耐热等级 F）长期运行，电机绕组温升不超过允许值。

2）电动机绝缘强度。目前中小型变频器，不少是采用 PWM 的控制方式。它的载波频率为几千到十几千赫，这就使得电动机定子绕组要承受很高的电压上升率，相当于对电动机施加陡度很大的冲击电压，使电动机的匝间绝缘承受较为严酷的考验。另外，由 PWM 变频器产生的矩形斩波冲击电压叠加在电动机运行电压上，会对电动机对地绝缘构成威胁，对地绝缘在高压的反复冲击下会加速老化。

变频电动机在设计时，考虑到了采用 IGBT 的 PWM 变频器的高斩波频率的影响。尤其是匝间绝缘，为了能够承受由高电压上升率在线圈匝间反复施加的陡度极大的冲击电压所导致的严酷考验，采用了特殊措施予以加强。电机的匝间耐压试验值远超过了 JB/Z 346—89 对交流电机的规定。

（2）谐波电磁噪声与振动。普通异步电动机采用变频器供电时，会使由电磁、机械、通风等因素所引起的振动和噪声变的更加复杂。变频电源中含有的各次时间谐波与电动机电磁部分的固有空间谐波相互干扰，形成各种电磁激振力。当电磁力波的频率和电动机机体的固有振动频率一致或接近时，将产生共振现象，从而加大噪声。由于电动机工作频率范围宽，转速变化范围大，各种电磁力波的频率很难避开电动机的各构件的固有振动频率。

变频电动机对电机的振动、噪声问题，要充分考虑电动机构件及整体的刚性，尽力提高其固有频率，以避开与各次力波产生共振现象。

（3）电动机对频繁起动、制动的适应能力。采用变频器供电后，电动机可以在很低的频率和电压下以无冲击电流的方式起动，并可利用变频器所供的各种制动方式进行快速制动，为实现频繁起动和制动创造了条件，因而电动机的机械系统和电磁系统处于循环交变力的作用下，给机械结构和绝缘结构带来疲劳和加速老化问题。

为了适应变频调速给电动机绝缘结构带来的疲劳和加速老化问题，变频电动机绝缘耐热等级一般为 F 级或更高，加强对地绝缘和线匝绝缘强度，特别要考虑绝缘耐冲击电压的能力。

（4）低转速时的冷却问题。首先，异步电动机的阻抗不尽理想，当电源频率较底时，电源中高次谐波所引起的损耗较大。其次，普通异步电动机在转速降低时，冷却风量与转速的三次方成比例减小，致使电动机的低速冷却状况变坏，温升急剧增加，难以实现恒转矩输出。变频电动机一般采用强迫通风冷却，即主电机散热风扇采用独立的电机驱动。

由于变频电动机的以上特点，所以在变频调速设备上得到广泛的应用。YTSP 系列和 YVP 系列变频电动机的技术性能数据见表 8-1 和表 8-2。

表 8-1　　YTSP 系列变频调速三相异步电动机技术性能数据

<table>
<tr><th rowspan="2">型　　号</th><th rowspan="2">标称功率
（kW）</th><th rowspan="2">额定电流
（A）</th><th rowspan="2">额定转矩
（N·m）</th><th rowspan="2">最大转矩/额定转矩
（倍）</th><th rowspan="2">转差率
（%）</th><th colspan="2">质量（kg）</th></tr>
<tr><th>IC416</th><th>IC411</th></tr>
<tr><td>YTSP90S-4</td><td>1. 1</td><td>3. 0</td><td>7. 0</td><td rowspan="32">2. 5</td><td rowspan="2">5. 5</td><td>17</td><td>15</td></tr>
<tr><td>YTSP90L-4</td><td>1. 5</td><td>4. 0</td><td>9. 5</td><td>27</td><td>25</td></tr>
<tr><td>YTSP100L1-4</td><td>2. 2</td><td>5. 2</td><td>14. 0</td><td rowspan="3">4. 2</td><td>33</td><td>30</td></tr>
<tr><td>YTSP100L2-4</td><td>3. 0</td><td>7. 2</td><td>19. 0</td><td>37</td><td>34</td></tr>
<tr><td>YTSP112M-4</td><td>4. 0</td><td>9. 5</td><td>25. 4</td><td>44</td><td>40</td></tr>
<tr><td>YTSP132S-4</td><td>5. 5</td><td>12</td><td>35. 0</td><td rowspan="2">2. 8</td><td>80</td><td>72</td></tr>
<tr><td>YTSP132M-4</td><td>7. 5</td><td>15. 5</td><td>47. 7</td><td>97</td><td>89</td></tr>
<tr><td>YTSP160M-4</td><td>11</td><td>22</td><td>70. 0</td><td rowspan="2">2. 2</td><td>125</td><td>113</td></tr>
<tr><td>YTSP160L-4</td><td>15</td><td>29</td><td>95. 5</td><td>140</td><td>128</td></tr>
<tr><td>YTSP180M-4</td><td>18. 5</td><td>36. 8</td><td>117. 1</td><td rowspan="2">1. 8</td><td>210</td><td>190</td></tr>
<tr><td>YTSP180L-4</td><td>22</td><td>43. 7</td><td>140. 0</td><td>250</td><td>230</td></tr>
<tr><td>YTSP200L-4</td><td>30</td><td>58</td><td>190. 9</td><td>1. 5</td><td>300</td><td>275</td></tr>
<tr><td>YTSP225L-4</td><td>37</td><td>70</td><td>235. 5</td><td rowspan="3">1. 4</td><td>360</td><td>330</td></tr>
<tr><td>YTSP225M-4</td><td>45</td><td>84</td><td>286. 4</td><td>400</td><td>370</td></tr>
<tr><td>YTSP250M-4</td><td>55</td><td>105</td><td>350. 1</td><td>480</td><td>450</td></tr>
<tr><td>YTSP280S-4</td><td>75</td><td>136</td><td>477. 4</td><td rowspan="2">1. 1</td><td>565</td><td>530</td></tr>
<tr><td>YTSP280M-4</td><td>90</td><td>162</td><td>572. 9</td><td>680</td><td>645</td></tr>
<tr><td>YTSP315S-4</td><td>110</td><td>200</td><td>700. 2</td><td rowspan="4">1. 0</td><td>870</td><td>830</td></tr>
<tr><td>YTSP315M1-4</td><td>132</td><td>235</td><td>840. 3</td><td>1025</td><td>985</td></tr>
<tr><td>YTSP315M2-4</td><td>160</td><td>285</td><td>1018. 5</td><td>1095</td><td>1055</td></tr>
<tr><td>YTSP315L-4</td><td>200</td><td>360</td><td>1273. 3</td><td>1160</td><td>1120</td></tr>
<tr><td>YTSP355M-4</td><td>250</td><td>440</td><td>1591. 7</td><td rowspan="2">0. 6</td><td>1600</td><td>1555</td></tr>
<tr><td>YTSP355L-4</td><td>315</td><td>550</td><td>2005. 5</td><td>1800</td><td>1755</td></tr>
<tr><td>YTSP90S-6</td><td>0. 75</td><td>2. 5</td><td>7. 1</td><td rowspan="2">6. 5</td><td>17</td><td>15</td></tr>
<tr><td>YTSP90L-6</td><td>1. 1</td><td>3. 5</td><td>10. 5</td><td>27</td><td>25</td></tr>
<tr><td>YTSP100L-6</td><td>1. 5</td><td>4. 4</td><td>14. 3</td><td>5. 3</td><td>37</td><td>34</td></tr>
<tr><td>YTSP112M-6</td><td>2. 2</td><td>6. 1</td><td>21. 0</td><td>5. 1</td><td>44</td><td>40</td></tr>
<tr><td>YTSP132S-6</td><td>3</td><td>7. 5</td><td>28. 6</td><td rowspan="3">3. 2</td><td>80</td><td>72</td></tr>
<tr><td>YTSP132M1-6</td><td>4</td><td>9. 5</td><td>38. 2</td><td>92</td><td>84</td></tr>
<tr><td>YTSP132M2-6</td><td>5. 5</td><td>12. 8</td><td>52. 5</td><td>97</td><td>89</td></tr>
<tr><td>YTSP160M-6</td><td>7. 5</td><td>18</td><td>71. 6</td><td rowspan="2">2. 6</td><td>125</td><td>113</td></tr>
<tr><td>YTSP160L-6</td><td>11</td><td>26</td><td>105. 0</td><td>140</td><td>128</td></tr>
</table>

续表

型　号	标称功率 (kW)	额定电流 (A)	额定转矩 (N·m)	最大转矩/额定转矩 (倍)	转差率 (%)	质量 (kg)	
						IC416	IC411
YTSP180L-6	15	34	143.0	2.5	2.0	250	230
YTSP200L1-6	18.5	38	176.0		1.60	300	275
YTSP200L2-6	22	45	210.0			320	295
YTSP225M-6	30	60	286.0		1.5	400	370
YTSP250M-6	37	72	353.0			480	450
YTSP280S-6	45	85	429.0		1.0	565	530
YTSP280M-6	55	104	525.0			680	645
YTSP315S-6	75	140	716.1		0.9	870	830
YTSP315M1-6	90	168	859.4			1025	985
YTSP315M2-6	110	205	1050.3			1095	1055
YTSP315L-6	132	245	1260.0			1160	1120
YTSP355M1-6	160	295	1528.0			1600	1555
YTSP355M2-6	200	370	1910.0			1680	1635
YTSP355L-6	250	445	2387.5		1.1	1800	1755
YTSP132S-8	2.2	6.4	28.0		4.0	80	72
YTSP132M-8	3	8.5	38.2			92	84
YTSP160M1-8	4	10.8	50.9		3.5	110	98
YTSP160M2-8	5.5	14.5	70.0			125	113
YTSP160L-8	7.5	19	95.5			140	128
YTSP180L-8	11	26	140.1		2.4	250	230
YTSP200L-8	15	35	191.0		1.9	300	275
YTSP225S-8	18.5	39	235.6		1.6	360	335
YTSP225M-8	22	47	280.1			400	375
YTSP250M-8	30	63	382.0			480	455
YTSP280S-8	37	76	471.1		1.3	565	530
YTSP280M-8	45	92	537.0			680	645
YTSP315S-8	55	118	700.3	2.5	0.9	870	830
YTSP315M1 8	75	153	955.0			1025	985
YTSP315M2 8	90	182	1146.0			1095	1055
YTSP315L-8	110	220	1400.7			1160	1120
YTSP355M1-8	132	265	1680.8			1600	1555
YTSP355M2-8	160	320	2037.3			1680	1635
YTSP355L-8	200	395	2546.7			1800	1735

表 8-2　　　　YVP 系列变频调速电动机技术性能数据

功率(kW)	2极			4极			6极			8极			10极		
	机座号	额定转矩(N·m)	额定电流(A)	机座号	额定转矩(N·m)	额定电流(A)	机座号	额定转矩(N·m)	额定电流(A)	机座号	额定转矩(N·m)	额定电流(A)	机座号	额定转矩(N·m)	额定电流(A)
0.55	71	1.8	1.47	80_1	3.5	1.65	80	5.3	1.88	90L	7.0	2.29	—	—	—
0.75	80_1	2.4	1.92	80_2	4.7	2.2	90S	7.1	2.5	100L1	9.5	2.28	—	—	—
1.1	80_2	3.5	2.71	90S	7.0	3.0	90L	10.5	3.5	100L2	14.0	2.51	—	—	
1.5	90S	4.8	3.60	90L	9.5	4.0	100L	14.3	4.4	112M	19.1	4.7	—		—
2.2	90L	7.0	5.09	100L1	14.0	5.2	112M	21.0	6.1	132S	28.0	6.4	—	—	—
3.0	100L	9.5	6.63	100L2	19.0	7.2	132S	28.6	7.5	132M	38.2	8.5	—	—	—
4.0	112M	12.7	8.5	112M	25.4	9.5	132M1	38.2	9.5	160M1	50.9	10.8	—	—	—
5.5	132S1	17.5	11.6	132S	35.0	12	132M2	52.5	12.8	160M2	70.0	14.5	—	—	—
7.5	132S2	23.9	15.6	132M	47.7	15.5	160M	71.6	18.0	160L	95.5	19	—	—	—
11	160M1	35.0	22.2	160M	70.0	22	160L	105.0	26	180L	140.1	26	—	—	—
15	160M2	47.7	30.0	160L	95.5	29	180L	143.0	34	200L	191.0	35	—	—	—
18.5	160L	58.9	36.1	180M	117.1	36.8	200L1	176.0	38	225S	235.6	39	—		—
22	180M	70.0	42.6	180L	140.0	43.7	200L2	210.0	45	225M	280.1	47	—	—	—
30	200L1	95.5	57.7	200L	190.9	58	225M	286.0	60	250M	382.0	63	—	-	—
37	200L2	117.8	70.6	225S	235.5	70	250M	353.3	72	280S	471.1	76	—	—	—
45	225M	143.2	85.6	225M	286.4	84	280S	429.0	85	280M	573.0	92	315S	716.2	103
55	250M	175.1	104	250M	350.1	105	280M	525.0	104	315S	700.3	118	315M	875.3	125
75	280S	338.7	138	280S	477.4	136	315S	716.1	140	315M	955.0	153	315L1	1193.6	167
90	280M	386.5	165	280M	572.9	162	315M	859.4	168	315L1	1146.0	182	315L2	1432.4	197
110	315S	350.0	201	315S	700.2	200	315L1	1050.3	205	315L2	1400.7	220	355M1	1750.7	237
132	315M	420.2	240	315M	840.3	235	315L2	1260.0	245	355M1	1680.8	265	355M2	2100.8	283
160	315L1	509.3	287	315L1	1018.5	285	355M1	1528.0	295	355M2	3037.2	320	355L	2546.4	344
200	315L2	636.6	358	315L2	1273.3	360	355M2	1919.0	370	355L	4546.7	395	—	—	—

3. 变频电动机的运行方式和制动方式

（1）变频电动机的运行方式。变频电动机是专门为变频调速设计的，主要用在交流变频调速设备，变频电机的运行方式有两个方面。

1）对负载波动较小，运行平稳的负载，调速不是十分频繁的场合，可采用开环状态运行，如图 8-4 所示。

2）在使用环境恶劣，调速频繁，要求精度高的数控机等场合一般采用闭环状态运行，如图 8-5 所示。

（2）变频电动机的制动方式。变频电动机在要求精确定位的场合，如自动线、数控机床等，就需要对电动机进行制动。电动机的制动可用制动器制动，电机正反转运用制动器制动的接线方式如图 8-6 所示。

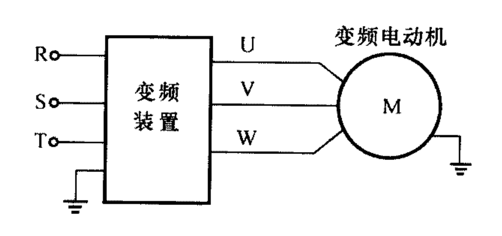


图 8-4 一般条件下的运行方式

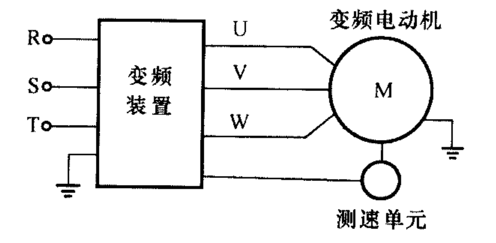


图 8-5 闭环变频调速运行方式

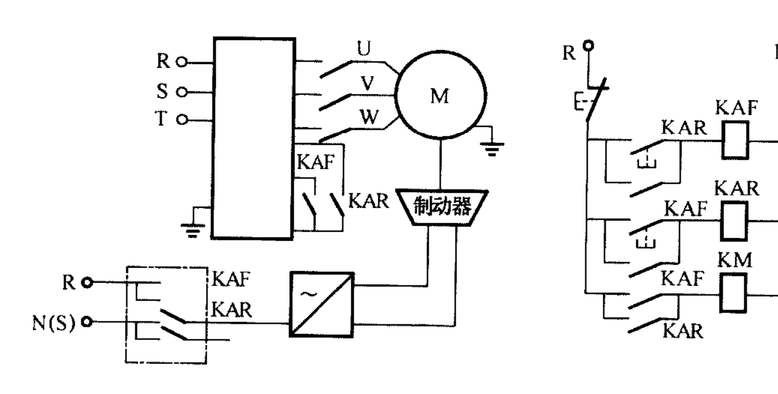


图 8-6 变频电动机正反转用制动器制动的接线图

4. 变频电动机绕组修理时应注意的问题

(1) 电磁线的选用。变频电机中的电磁线处于由大量谐波与瞬态变化的脉冲电压作用下，使电磁线早期损坏。因此，电磁线的绝缘性能对变频电机绝缘结构可靠性的影响尤为重要。

对于功率在 300kW 以下的变频电机，一般均采用圆漆包线。对圆漆包线的质量，需要注意的是：①耐热性；②软化击穿；③漆膜连续性；④耐脉冲电压性能；⑤柔软性。

据上述要求，对 F、H 级变频电机，目前国内可供选择的漆包线主要是 QZY-2 和 Q(ZY/XX)-2。试验表明，Q(ZY/XX)-2 漆包线其各项指标均高于 ZY-2，所以选用 Q(ZY/XX)-2 漆包线是有利的。

对变频电机用的漆包线，国内目前均已采用专用的特殊漆包线，据悉，其耐脉冲冲击电压性能较 Q(ZY/XX)-2 提高 200 倍。

(2) 采用合理的绕线、嵌线工艺。变频电机对绕线、嵌线、绑扎等加工工艺必须严加管理，特别是在绕线、嵌线过程中防止损伤导线，嵌线过程应保证槽绝缘、相绝缘放置到位。相绝缘应采用容易被绝缘漆浸透的材料；线圈端部应加强绑扎、固定，确保端部成为一个整体。

(3) 注意选用合适的绝缘漆和浸漆、烘干工艺。变频电机绝缘结构中如果存在气隙，在高频脉冲电压的作用下，在气隙中会产生空间电荷，导致局部放电的增加，最终引起绝缘损坏。为了取得无气隙绝缘，要选择合适的浸渍漆，确定浸渍干燥工艺。

1) 浸渍漆的选择。目前，F、H 级浸渍漆大致分为有溶剂漆、苯乙烯型无溶剂漆和低挥发聚酯型无溶剂树脂。对于有溶剂漆和苯乙烯型无溶剂树脂，固化后仅有 30%或 45%的固体含量，绕组间含有大量气隙，不能使用。低挥发分聚酯型无溶剂树脂是国际上第三代浸渍树脂，其固化速度快，固化过程中挥发物小于 5%。采用适当的浸渍工艺，基本上可以形成“无气隙绝缘”。

经过对低挥发分聚酯型无溶剂树脂及苯乙烯型无溶剂树脂进行性能对比试验证明，用进口树脂对变频电机浸漆、烘干后效果良好。

2) 浸漆固化工艺的选择。常用的浸渍工艺大致分为：①沉浸—烘培固化；②滴浸—旋转

固化；③真空压力沉浸—烘培固化（简称VPI工艺）；④真空压力沉浸，旋转烘培固化。

三、超声波电动机

超声波电动机（又称超声波马达）是20世纪70年代提出的一种新型电动机，发展的历史不过30年，是在20世纪80年代中期发展起来的一种全新概念的新型驱动装置。它利用压电材料的逆压电效应，将电能转换为弹性体的超声振动，并将摩擦传动转换成运动体的回转或直线运动。这种电动机具有转速低、转矩大、结构紧凑、体积小、噪声小等优点，它与传统电磁式电动机最显著的差别是无磁且不受磁场的影响。

近20年来，由于大功率压电陶瓷材料研究的突破，在全世界掀起了超声波电动机研究的高潮，相继开发出多种型式的超声波电动机。

（一）超声波电动机的发展过程

在超声波电动机问世之前，实际上已有利用压电材料振动特性来驱动的压电电机。早在1948年威廉和布朗就申请了压电电动机的美国专利；1961年宝路华钟表公司研制出音叉驱动的手表；1970～1972年西门子和松下两公司发展出线型压电步进电机，不过因为无法达到较大的输出力及效率，所以当时并没有普遍地应用。

1973年美国IBM公司的巴特（H. V. Barth），首次提出利用压电组件以超声波振动的方式来驱动的电动机，但因为磨耗上的问题，和之前的手表案例一样，仅发表出来而没有实际上的应用。几乎同时，俄国人V. H. Lavrinenko也设计了一些驱动原理相同的电动机结构；1978年瓦西里耶夫（P. E. Vasiliev）则是利用超声波转换器作为电动机的驱动来源，不过都没有发展出完整的电动机结构。

1980年日本指田年先生（Toshiiku Sashida）研制出以振动片驱动的超声波电动机，具有较完整的电动机结构。至此，以压电材料产生超声波振动来驱动电动机的概念就开始慢慢地发展起来。虽然因为磨耗以及温度上升等问题，使得这些超声波电动机仍然没有实际的应用，不过已具有高精度、低速高转矩等特色。

直到1982年，指田年先生又发展出一种新型的超声波电动机的驱动方式，在设计上已经考虑到磨耗的改善，这才是第一个真正达到具有商业应用价值的超声波电动机，且首先应用在照相机的自动对焦系统中，这也是目前使用超声波电动机最多的领域。

近年来我国相继开发出多种型式的超声波电动机，如行波型、摇摆型、步进型、柱体型、三自由度等类型的超声波电动机等，已在多个领域得到了应用。

（二）超声波电动机和电磁电机的比较

超声波电动机突破了传统电磁电动机的观念，没有了线圈与磁铁，也就是不依靠电磁的相互作用来转换能量，取而代之的是利用压电陶瓷的逆压电效应产生超声波振动，通过摩擦来转换能量，截然不同的作用原理是超声波电动机和电磁电动机之间最大的不同之处。超声波电动机具有转速低、转矩大、结构紧凑、体积小、噪声小等优点，它与传统电磁式电动机最显著的差别是无磁且不受磁场的影响，也就没有电磁干扰。

（三）结构原理

超声波电动机是利用压电陶瓷材料的逆压电效应，从外部输入高频电压信号，就会产生高频的机械振动。虽然压电材料体积的变化量非常小，只有微米甚至是纳米量级，不过通过每秒数万次的振动放大，使得超声波电动机可以兼顾高位移分辨率与长行程的特色。

1. 压电效应的发现过程与基本概念

压电材料是超声波电动机主要材料，压电效应是1880年居里兄弟（Jacques Curie 1855－

1941；Pierre Curie 1859—1906）发现的，他们在多次实验中发现，电气石或石英等天然矿石晶体受到压力时，由于体积变化，在晶体表面会有微小电荷产生。

后来他们又发现当晶体置于电场中时也会造成体积上的变化，证明了这种现象是可逆的。这个发现开启了一项新的研究领域，即压电效应的探讨与应用。因为压电效应是可逆的，所以把材料因体积变化而产生电压的效应称为“正压电效应”；反之，材料因加入电压而造成体积变化的效应称为“逆压电效应”；而具有压电效应的材料则统称为“压电材料”。

具压电效应的材料除了天然的晶体，如石英、电气石、罗德盐等材料以外，还能以人工的方式制造，如氧化锌、聚合物、陶瓷材料、复合材料等。其中陶瓷材料因为制造容易、可制成任何形状、且其特性可随组分做多样性的变化等优点，已经成为压电组件的主流。

2. 分类与结构原理

超声波电动机的驱动方式大体分为行波型和驻波型两大类。它是利用压电材料输入电压会产生变形的特性，使其能产生超声波频率的机械振动，再通过摩擦驱动的机构设计，让超声波电动机如同电磁电动机一般，可做旋转运动或直线式移动。

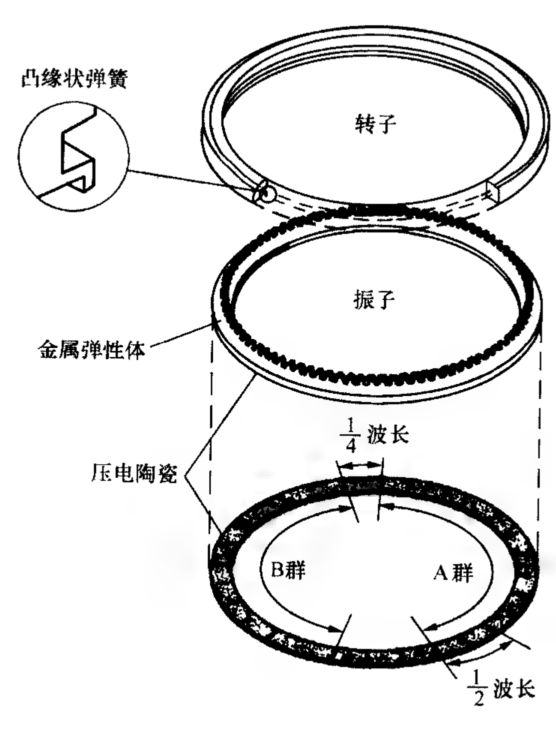


图 8-7 环形超声波电动机的结构

（1）行波型超声波电动机的结构与驱动原理。

1）结构。超声波电动机的结构由定子（压电陶瓷和金属弹性材料制成）和转子（摩擦材料及金属制成）组成，环形超声波电动机结构如图 8-7 所示。它的振子的结构是在金属弹性体的底面贴有压电陶瓷，上部具有多个的突起。为了对振子施加行波的励振，在压电陶瓷上面制成两组驱动电极，各驱动电极的长度相当于固有振动模式 1/2 波长，相反极性的驱动电极交错配置，形成电极群。多数行波型超声波电动机使用圆环状或圆盘状的振子。

2）驱动原理。在定子压电振子上外施高频交流电压激励时，利用压电陶瓷逆压电效应产生的超声振动，将这种振动通过定子和转子间的摩擦耦合来直接驱动转子旋转。行波形的超声波电动机的驱动原理如图 8-8 所示。弹性体的行波中有瑞利波等弹性表面波和挠性振动产生的行波，无论哪一种行波，弹性体表面的点都不是单纯的上下运动，而是沿图 8-8 中所示的椭圆形轨迹运动。因此，向振子提供挠性振动的行波励振，用弹簧对转子实施加压接触，转子通过行波的波头与振子相接触，并沿着椭圆形轨迹上的摩擦力，使转子与行波相反的方向驱动。如果向图 8-7 中的电极群上加近似于挠性振动固有频率的交流电压（该示例为 32kHz），则压电陶瓷交互伸缩，振子产生挠性振动的驻波。如果在两个驱动电极上加的频率相等，相位相差 90°的交流电压，则在位置上和时间上合成为相位差 90°两个相的驻波，由此得到挠性振动的行波。如果改变外加电压相位差的方向，可使行波的前进方向反向，转子也被反向驱动。

（2）驻波型超声波电动机的驱动原理。行波型超声波电动机采用模式和形状都相似的两个固有振动源。而驻波型超声波电动机则与之相反，采用模式和形状不同的两个固有振动源或单

一的固有振动源，在振子表面产生局部的椭圆运动或往复运动。它是在矩形金属弹性振子上面设置两个突起。振子被设计面纵向振动一次模式和弯曲振动二次模式的固有频率几乎相等。如果使纵向振动和弯曲振动发生在不同的时间相位，则突起因纵向振动而在接触面的切线方向产生振动成分，二者的合成运动形成椭圆轨迹，并驱动转子运动。

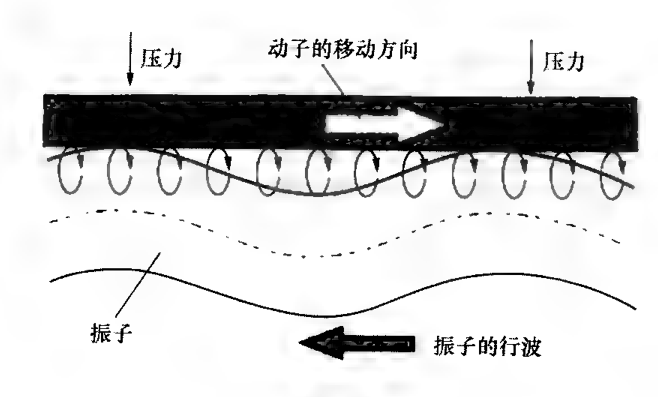


图 8-8　行波形超声波电动机的驱动原理

四、超声波电动机的应用前景

超声波电动机虽然发展时间不长，由于它具有其他电动机不能比拟的特性，又由于大功率压电陶瓷材料研究的突破，已相继开发出多种型式的超声波电动机，并成功地在石油井下精密测试仪器、办公自动化、小卫星、电视摄像和调焦控制等方面使用，取得了较好的应用效果。

第二节　绝　技　绝　活

“绝技绝活”一般是老工人在长期的修理工作中，经过长期摸索和多次实验，对一个关键的技术或一个配方具有独特的见解和方法。它的特点是非常实用，对提高工效，节约资金、材料有很明显的效果。另一个特点是“绝技绝活”大多没有深奥的理论（即是含有深奥的理论，他们也不是运用这些理论发明的），可以说大部分“绝技绝活”都很容易学，有时几句话就能学会。

李本生先生从事电机修理 40 多年，新中国成立前就是电机修理铺的老板，身怀绝技，因他已经去世，不能全面挖掘其“绝技绝活”，现列举一两个实例，奉献给读者，会对当前的电机节能改造会有很大益处的。

一、单层交叉式绕组改为双层短距绕组

近年来电力特别紧张，由于电机用电占全国总用电量的 60%～70%，对电机进行节能改造，在电机重绕时是最好的时机。现以 JO2-41-4 型交流异步电动机为例谈一谈单层交叉式绕组改为双层绕组的方法。

（一）电机改造前后的技术数据对比（见表 8-3）

表 8-3　　电机改造前后的技术数据对比

技　术　数　据	改　造　前	改　造　后
绕组形式	单层交叉式	双层链式
功率（kW）	4	4
电压（V）	380	380
定子槽数	36	36
每槽导线匝数（匝）	52	2×26
导线直径（mm）	1	1
线圈把数（把）	18	36
节　距	2/1～9、1/1～8	1/1～8
极相组数	12	12
每相组线圈个数	2/1～9（共 6 个） 1/1～8（共 6 个）	3/1～8（共 12 个）

（二）修理工艺

电机改造的修理工艺与本书第二章基本相同，在这里只说一下嵌线程序。

1. 准备工作

（1）拆除旧线圈并做好记录。

（2）清理线槽内部，按本书第二章所述，根据绝缘等组级垫好槽绝缘。裁剪层间绝缘，其尺寸为：宽比电机线槽宽一倍，长度比槽绝缘长（两边）10～15mm共36条。

2. 嵌线

选好出线位置，确定第一槽，然后先把7个线圈的下层边依次下到槽中，再下第8个线圈的下层边。这时和第一槽的节距已到1～8，可将第8个线圈的上层边嵌放到第一个线圈下层边上面，下线前必须在第一个线圈的下层边上面插入中间绝缘条（因为中间绝缘条宽于线槽，应将绝缘条弯面弧形，然后插入线槽，才能嵌放上层边）。第8个线圈的上层边嵌放好以后，插入与槽同宽的绝缘条最后插上槽楔。将1～7个线圈的上层边用线绳绑扎后吊起来（这叫吊把），然后将其他线圈按第8个线圈的方法依次嵌放在槽中并封好槽楔即可。

以上所述是只进行将交叉式绕组改造成短距双层绕组的一般方法，如果还要进行磁性槽楔或磁性槽泥改造，在垫槽绝缘时应该采用传统的电机修理时垫绝缘的方法，即将槽绝缘高出槽口20～25mm。这样高出槽口的部分可用作下线的导条，在插槽楔时，用弯剪剪去高出槽口的部分，两面折返，把线包裹的非常严密。磁性槽泥或磁性槽楔不能和线圈的导线接触。

（三）电动机进行单双层改造的收益

1. 节约铜材

电动机由单层绕组改为双层绕组后，在节铜材方面有比较明显的减少。可减少用铜量在5%～10%，原因是改为双层绕组后，一是绕组嵌线容易，可以较大缩短绕组端部，达到节约用铜的目的；二是绕组节距减少，每匝的长度减小，整个用铜量也会有较大的减少。

2. 减少谐波危害

谐波对旋转电动机的危害主要是引起附加损耗和过热，其次是产生机械振动、噪声和谐波过电压，这将缩短电动机的寿命，情况严重时甚至会损坏电机。

定子绕组流过谐波电流后，将产生与谐波频率相对应的旋转磁场，由于谐波频率高，集肤效应显著，因此谐波电流主要影响的部位是定子和转子的槽楔和槽齿和端部，对电动机的上层绕影响较大。由于转笼型绕组没有槽绝缘，异步电动机的谐波功率损耗主要对定子槽绝缘危害较大。

异步电动机的谐波功率损耗主要是铜损耗，其损耗和谐波电压 U_n 的平方成正比，和谐波电抗 X_n 的平方成反比，和谐波电阻 R_n 成正比。谐波电压较大时，磁饱和将引起 R_n 和 X_n 的下降，使总的谐波损耗增大。因此，谐波所引起的异步电动机的附加损耗和发热要比只按谐波电压计算大得多。

从上面的分析看单层绕组比双层绕组谐波损耗大得多。单层绕组改为双层绕组后，绕组端部缩短了，双层绕组又采用了短距绕组绕组，这样可以时削弱幅值较大的5次和7次谐波，使绕组产生的磁场更接近于正弦波，从而改善了电动机的电磁性能，另外，由于减少绕组有效电阻和电感抗，使电动机的效率和功率因数有所提高。

3. 便于嵌线和接线

（1）嵌线。每把线圈的匝数只有单层绕组的一半，所以下线非常快，一般不用划线板就可容易地将线圈嵌放在线槽内，这就大大地加快了嵌线的速度。

（2）接线。极相组的接线，单层交叉式的极相组的线圈把数，其中 6 个极相组是两个线圈一组，另 6 个极相组是一个线圈一组。这样的分组不论是接线或绕线都不很方便。双层线组三个线圈一组，好记好接，绕制线圈时也用不两种线模，也会提高工效。

（四）电机改造时的建议

在对旧型号电机进行单双层改造时，最好改用磁性槽楔，会使电机节能效果更好。对电动机抵御谐波危害、提高电动机的效率和功率因数更有好处，改变转子、定子表面不平状态，使气隙磁阻减少并趋于均匀，使脉振损耗与表面损耗大大减小。

二、低压小型发电机三次谐波励磁的改造

（一）谐波的特点和对发电机的危害

1. 谐波对发电机的危害

谐波对发电机的危害主要是引起附加损耗和过热；其次是产生机械振动、噪声和谐波过电压，这将会缩短电机的寿命，有时会在较短时间内损坏。

2. 高次谐波在电机运行中的特点

由于转子磁极形状和定子铁心内圆开槽，造成气隙不均匀，这些因素的存在使气隙磁场不再按正弦曲线分布，而是变成相似的梯形波。即除了正弦基波外，还会 3 次、5 次、7 次等高次谐波，其中 3 次谐波含量最大。

在定子绕组流过谐波电流后，将产生与谐波频率相对应的旋转磁场，在转子绕组中感应出谐波电流。对隐极电机来说，谐波电流主要在转子的槽楔、齿和转子端部套箍上流动；对凸极电机来说，谐波电流主要在极靴中流动。谐波频率高，集肤效应显著，因此谐波电流只在转子部位表层流动，造成电机发热，有时甚至会烧毁。

（二）谐波励磁的改造方法

谐波励磁是指利用发电机气隙磁场中的 3 次及其倍数次谐波进行自励，通常简称为谐波励磁。

谐波励磁就是将储存于气隙磁场中的谐波功率引出来，用于自励电动机的励磁。这种方法即可节能又能减轻谐波对发电机的危害。

1. 谐波励磁的改造方法

谐波励磁的改造要适情况而定，对于绕组已经烧毁的发电机，可在重绕时进行改造。一些绕组质量较好且能够正常运行的发电机可不必将绕组重绕，只是经过简单的改造即可。

对转磁型式的发电机，可在发电机定子槽的最上方（即在槽口处），专门嵌放一套三谐绕组；对于转枢型式的发电机，可在转子的槽口的最上方，嵌放一套三谐绕组。

（1）绕组节距。绕组节距应是定子（或转子）绕组极距的 1/3，每极下串联成一个极相组如图 8-9 所示。

（2）绕组串联匝数。谐波绕组的串联匝数可按式（8-3）估算

$$k_{dp3}W_3 = \frac{U_{fn}}{30}(k_{dp1}W_1) \tag{8-3}$$

式中 U_{fn}——发电机励磁电压；

$k_{dp1}W_1$——主绕组每相串联有效匝数；

$k_{dp3}W_3$——改造后的谐波绕组串联有效匝数。

根据功率的需要，谐波绕组可以为单相也可是三相。

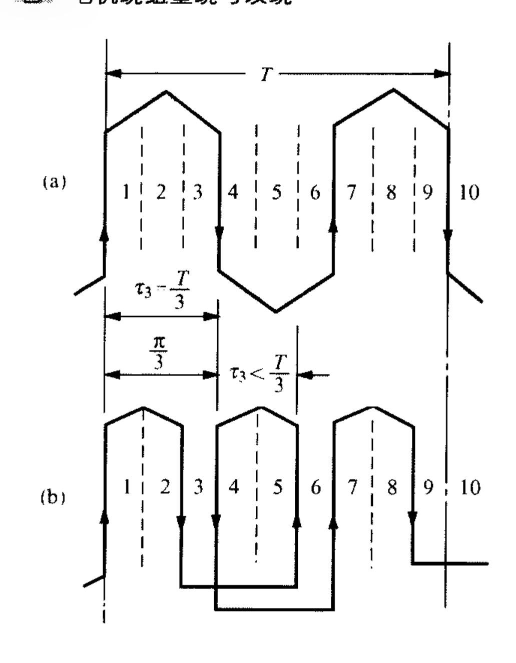


图 8-9　谐波绕组的节距与连接
（以 $\tau=9$ 槽为例）
（a）主绕组；（b）三谐绕组

2. 励磁控制电路

谐波励磁的控制电路如图 8-10 所示。

在发电机起动后，由于剩磁的作用，在谐波绕组中感应出一定的三谐电动势，经整流器 VC1 整流后（这时晶闸管 V5 是关闭的），送入主极绕组中励磁，从而建立了主极磁场及三谐磁场，如此往返循环，互相激励，使发电机空载电压逐渐建立起来。可以认为，励磁电流 I_f 与三谐电动势呈直线关系，但随着励磁电流的增加，磁路趋向饱和，三谐电动势 E_{03} 和励磁电流呈曲线关系增长，而两者有一交点，即电压平衡后空载电压达到稳定值。

谐波励磁系统具有一定的自动补偿电枢反应去磁作用的能力（即复励能力），负载时（一般都是滞后功率因数的感性负载），由于一般发电机的磁极采用极弧系数 $\alpha>2/3$ 且有均匀的（或接近均匀）气隙，直轴电枢反应磁场中的三谐分量 B_{ad3} 与励磁磁场中的三谐分量 B_{f3} 是同方向的。交轴电枢反应磁场中的三次谐波分量也较大。电枢反应中的这些三次谐波分量使负载时气隙中三次谐波磁场增强。这样，负载时谐波绕组里感应出的合成三谐电动势为

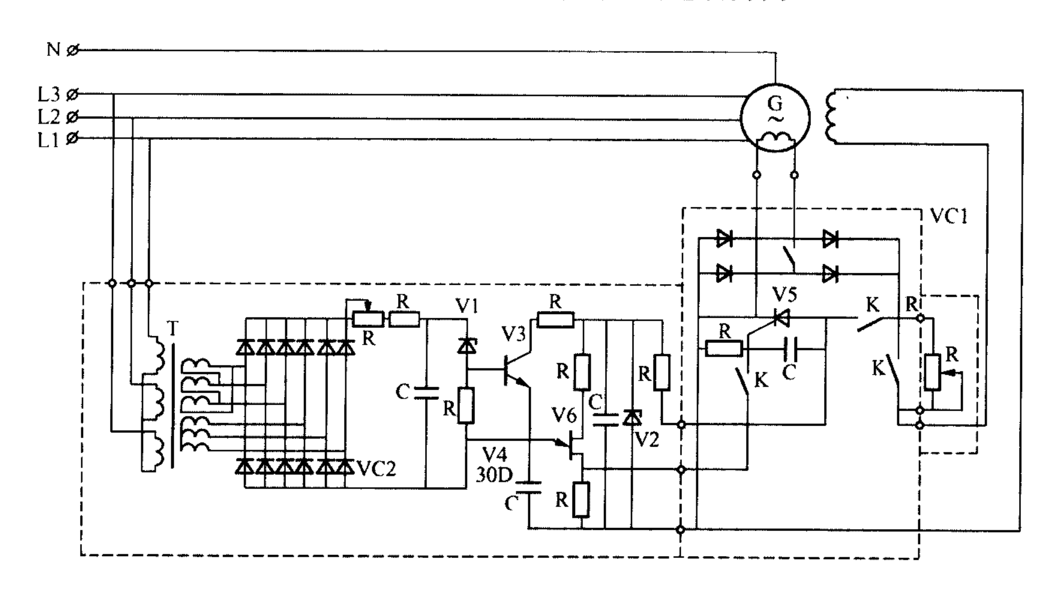


图 8-10　晶闸管分流的谐波励磁电路

$$E_{3h}=\sqrt{(E_{03}+E_{ad3})^2+E_{aq3}^2} \tag{8-4}$$

式中　E_{03}——励磁磁场中三次谐波分量 B_{f3} 在谐波绕组里感应的电动势；

E_{ad3}——直轴电枢反应磁场中三次谐波分量 B_{ad3} 在谐波绕组里感应的电动势；

E_{aq3}——交轴电枢反应磁场中三次谐波分量 B_{ad3} 在谐波绕组里感应的电动势。

E_{3h} 比空载时三谐电势 E_{03} 大，所以发电机负载时励磁电压会自动升高，励磁电流便自动增大，使发电机电压自动维持在一定水平。

在励磁回路直流侧与励磁绕组并联一个晶闸管分流调节器 V5（如图 8-10 所示），当发电

机突然减载，端电压升高或电压波动时，这会反映到晶闸管触发电路中去，其触发电路及时调整晶闸管的导通角，给励磁绕组分流，抑制了发电机的端电压的波动。

（三）谐波励磁的改造工艺

1. 电机绕组重绕时的改造

三谐励磁绕组重绕工艺和一般电机的绕组工艺基本是一样的，只是在主绕组嵌好后，将其压紧压实，在主绕组的上面（槽口部位）再放一次槽绝缘，其绝缘的长度和主绕绝缘的长度一样，宽度除槽内部分外，要高出槽口 15～20mm。把三谐励磁绕组嵌放在其中，然后将高出槽口的槽绝缘用弯剪剪去，用划线板将其对折，最后插上槽楔。按工艺流程，进行其他工艺的施工。

2. 不需要重绕电机的改造

对于电机绕组尚可使用，绕组并未损坏的电机，可将电机分拆后，将电机绕组（定子或转子），放在烘炉内进行加热。待电机绝缘软化后，趁热将槽楔抽出，然后进行嵌线，其工艺和上面所述相同。

参 考 文 献

[1] 宋家成. 实用电机修理手册. 济南：山东科学技术出版社，1995.
[2] 张春雷，等. 简明电机修理手册. 北京：中国电力出版社，2005.

用电技术出版中心读者服务卡

尊敬的读者朋友，感谢您对中国电力出版社图书的一贯支持与厚爱。为了更好地贴近读者，为您服务，请对我们的图书提出宝贵的意见和建议，以帮助我们不断提升图书质量，继续推出更符合读者需求、更实用、品质更高的图书。

通过电话、邮件的方式返回服务卡信息，您将成为我社的正式读者会员，并能更快捷地了解到最新的图书出版信息和优惠购书信息。

姓名________（必填） 性别________ 年龄□18-20 □20-30 □30-40 □40以上 学历________

职业________________ 职称________

工作单位________________ 部门________

电子邮件________________（必填）联系电话________________（必填）

通信地址________________ 邮政编码________

1．您所在单位的类型：

□设计研究院 □大专院校 □政府部门 □学会、协会组织 □产品用户、制造商、经销商 □其他____

2．贵单位所属行业：

□电力 □化工 □机械制造 □石油 □水利 □矿山 □纺织 □交通 □冶金 □核电 □电子制造 □其他

3．您关注、使用的产品类型：

□低压电器 □低压电控设备 □PLC 可编程控制器 □人机界面 □变频器与传动 □伺服步进运动控制 □ 工控机 □嵌入式系统 □仪器仪表 □大中型控制系统 □工业通讯 □自动化软件 □电子产品 □其他

____

4．您所购买的图书名称是________________

5．您所关注的技术热点是________________

6．您通常是通过何种方式了解、阅读、购买本书的：

□新华书店 □科技书店 □网上书店 □展会 □邮购 □其他________________

7．用途：□培训教材 □工作参考 □自学辅导 □其他________________

8．您对本书的满意度：

从内容角度：□满意 □一般 □不满意　　从排版、封面设计角度：□满意 □一般 □不满意

从价格角度：□满意 □一般 □不满意，定位在多少合适________________

9．您对本书的建议和评价： □很好 □好 □一般

您的宝贵意见________________

____

10．您感兴趣或希望购书的图书有哪些：

____

11．您是否愿意收到我社相关的图书目录：□是 □否

12．您经常关注的杂志和网站是哪些：

____

13．贵单位是否重视技术人员的职业再培训：□是 □否

通常以何种方式进行培训 □单位自己的培训机构 □请相关专家来培训 □外派到专门的培训机构

如果可以，您希望参加哪种技术培训：

□PLC □变频器 □DCS □现场总线 □组态软件 □数控机床 □中低压电器技术 □电气维修 □其他

____



14．您希望成为我们的作/译者吗？□是 □否________________

您准备编写的图书名称是：________________

地址：北京市西城区三里河路6号 中国电力出版社用电技术出版中心（100044）

电话：010-58383411　Email：zhi_hui@cepp.com.cn　　网址：www.cepp.com.cn　www.infopower.com.cn

电工高技能人才从入门到高手系列书

常用电工电子器件基本知识

常用机电设备电气维修

电机选用安装与故障检修

电机绕组重绕与改绕

交流调速系统应用与维修

直流调速系统应用与维修

数控机床电气维修技术





策划编辑：张运东　杨　扬


ISBN 978-7-5083-8062-9

定价：38.00 元

销售分类建议：电工技术